

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE  
ENGENHARIA DE TRANSPORTES E LOGÍSTICA

ANDRÉ LOCH MESONES CARMONA

ANÁLISE DOS IMPACTOS DA INDÚSTRIA 4.0 NA LOGÍSTICA EMPRESARIAL

Joinville  
2017

ANDRÉ LOCH MESONS CARMONA

ANÁLISE DOS IMPACTOS DA INDÚSTRIA 4.0 NA LOGÍSTICA EMPRESARIAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Transportes e Logística no Curso de Engenharia de Transportes e Logística da Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Janaína Renata Garcia

Joinville  
2017

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a meus pais, que ao longo desta caminhada me apoiaram em todos os momentos, sempre acreditando, incentivando e não medindo esforços para que eu pudesse realizar este sonho, e também aos meus outros familiares que sempre me deram o suporte necessário.

A minha namorada Daniéli, que percorreu esta caminhada ao meu lado, sendo uma grande companheira tanto na vida como nos estudos, estando presente nos momentos mais felizes e mais difíceis que tive até aqui, muito obrigado por tudo.

Agradeço especialmente a minha orientadora Professora Janaína Renata Garcia pelo apoio e pela orientação para a conclusão deste trabalho assim como pela minha formação acadêmica.

Agradecer aos Professores da banca, Prof.<sup>a</sup> Dra. Elisete Santos da Silva Zagheni, Prof. Me. Claudio Decker Júnior e Prof. Dr. Pedro Paulo de Andrade Júnior por aceitarem o convite de avaliar este trabalho.

Aos demais professores do curso de Engenharia de Transportes e Logística que fizeram parte desta trajetória.

Por último, de gostaria a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho, e aos amigos que conquistei ao longo desta jornada, que a fizeram ser mais feliz e agradável sempre que estivemos juntos.

*“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo.”*

*(Albert Einstein)*

## **RESUMO**

Acompanhar o desenvolvimento da quarta revolução industrial enquanto ela ocorre é uma oportunidade única para conseguir antever as mudanças que este novo modelo de produção propõe, principalmente nos processos que envolvem a logística. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é analisar os impactos da Indústria 4.0 na logística, identificando quais as principais tecnologias e conceitos que irão impactar no setor e quais oportunidades estas inovações podem trazer para conceitos já aceitos nos meios de produção, como o Just-in-Time, Just-in-Sequence e o quadro Kanban. Utilizou-se uma metodologia de pesquisa para a formação de um portfólio bibliográfico, que assegurasse a inerência dos artigos com o tema proposto para a pesquisa, sendo possível desta maneira, apresentar como as inovações tecnológicas da quarta revolução industrial podem melhorar os sistemas de produção JIT e JIS, tornando-os praticamente capazes de operar conforme descritos na teoria, e como o quadro Kanban também pode se beneficiar destas tecnologias, auxiliando os processos fabris a se tornarem ainda mais eficientes e ainda demonstrando a necessidade que a Indústria 4.0 tem em se padronizar a logística de maneira global.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Logística. Just in Time. Just in Sequence. Kanban

## **ABSTRACT**

Keeping track of the development of the fourth industrial revolution as it occurs is a unique opportunity to foresee the changes that this new production model proposes, especially in processes involving logistics. In this context, the objective of this paper is to analyze the impacts of Industry 4.0 on logistics, identifying the main technologies and concepts that will impact on the sector and what opportunities these innovations can bring to concepts already accepted in the means of production, such as Just-in -Time, Just-in-Sequence, and the Kanban frame. A research methodology was used to create a bibliographical portfolio, which would ensure the inherent nature of the articles with the theme proposed for the research. It is possible to present how the technological innovations of the fourth industrial revolution can improve JIT and JIS production systems, making them virtually capable of operating as described in theory, and how the Kanban framework can also benefit from these technologies, helping manufacturing processes to become even more efficient and still demonstrating the need for Industry 4.0 to standardize logistics globally.

**Keywords:** Industry 4.0. Logistic. Just in Time. Just in Sequence. Kanbam

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Revoluções industriais. ....	17
Figura 2 - Princípios da Indústria 4.0. ....	21
Figura 3 - Transformação do contexto da produção logística. ....	33
Figura 4 - Sequência Metodológica. ....	35
Figura 5 - Eixos de pesquisa e oportunidades. ....	38
Figura 6 - Tela da busca eletrônica de artigos na base Scopus. ....	39
Figura 7 - Tela da busca eletrônica de artigos na base Web of Science. ....	39
Figura 8 - Representação lógica da análise do conteúdo. ....	44
Figura 9 - Áreas de implementação da Indústria 4.0. ....	51
Figura 10 - JIT e JIS de acordo com o cenário da Logística 4.0. ....	57
Figura 11 - Kanban de acordo com o cenário da Logística 4.0. ....	61

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 - Flexibilidade na produção.....	23
Gráfico 2 - Utilização de pelo menos uma das 12 tecnologias digitais listadas.....	26
Gráfico 3 - Identificação de pelo menos uma das 10 tecnologias digitais listadas como importante para a competitividade da indústria.....	26
Gráfico 4 - Evolução da quantidade de publicações em bases de dados.....	46



## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Tecnologias digitais para a indústria.....	25
Quadro 2 - Variáveis de pesquisa relacionada aos autores.....	47
Quadro 3 - JIT e JIS na Logística 4.0.....	54
Quadro 4 - Kanban na Logística 4.0.....	59

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Combinação de palavras-chave.....	40
Tabela 2 - Quantidade de artigos selecionados nas bases escolhidas.....	40
Tabela 3 - Filtro de seleção dos artigos. ....	41
Tabela 4 - Resultado da Pré-análise dos artigos.....	42
Tabela 5 - Incidência das palavras-chave.....	47

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

ABDI – Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial;

ABII – Associação Brasileira de Internet Industrial;

CNI – Confederação Nacional da Indústria;

CPS – Sistemas Ciber-físicos;

IoS – Internet dos serviços;

IoT – Internet das coisas;

JIS – Just in Sequence;

JIT – Just in Time;

TI – Tecnologia da Informação.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	14
1.2 OBJETIVOS .....	15
<b>1.2.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>15</b>
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>16</b>
2.1 INDÚSTRIA 4.0 .....	16
<b>2.1.1 Características da Indústria 4.0.....</b>	<b>22</b>
<b>2.1.2 Indústria 4.0 no Brasil .....</b>	<b>24</b>
2.2 LOGÍSTICA.....	28
<b>2.2.1 Transformações na Logística .....</b>	<b>31</b>
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>35</b>
3.1 SELEÇÃO DO PORTFÓLIO BIBLIOGRÁFICO .....	36
Para o processo de formação do portfólio bibliográfico proposto por Vasconcelos (2012) é necessário aplicação de quatro etapas:.....	36
<b>3.1.1 Seleção das bases de dados .....</b>	<b>36</b>
<b>3.1.2 Seleção das palavras-chave.....</b>	<b>37</b>
<b>3.1.3 Seleção dos artigos .....</b>	<b>38</b>
<b>3.1.4 Filtros de pesquisa.....</b>	<b>40</b>
<b>3.1.5 Pré-análise dos artigos .....</b>	<b>41</b>
3.2 ANÁLISE DO CONTEÚDO DOS ARTIGOS DO PORTFÓLIO BIBLIOGRÁFICO .....	43
3.3 LACUNAS E/OU OPORTUNIDADES DE PESQUISA.....	44
3.4 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DOS ARTIGOS DO PORTFÓLIO BIBLIOGRÁFICO .....	45
<b>3.4.1 Palavras-chave.....</b>	<b>46</b>
<b>3.4.2 Autores e variáveis de pesquisa .....</b>	<b>47</b>
3.5 MATERIAIS COMPLEMENTARES .....	48
<b>4. ANÁLISE DOS IMPACTOS DA INDÚSTRIA 4.0 NA LOGÍSTICA .....</b>	<b>49</b>
4.1 LOGÍSTICA 4.0.....	49
<b>4.1.1 JIT e JIS na Logística 4.0 .....</b>	<b>53</b>
<b>4.1.2 Sistema Kanban na Logística 4.0 .....</b>	<b>58</b>
4.2 PADRONIZAÇÃO DA LOGÍSTICA .....	62
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>64</b>
5.1 PESQUISAS FUTURAS .....	65
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>67</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A logística foi desenvolvida inicialmente para a estratégia militar, interpretada como uma filosofia de guerra que estava relacionada à movimentação e coordenação de tropas, armamentos e suprimentos para os locais necessários, com o intuito de abastecer, transportar e alojar tropas, de maneira que estas estivessem no local certo e na hora certa (COELIS, 2017).

Após a Segunda Guerra Mundial, a logística passou a ser inserida nas empresas com objetivo de reduzir custos das organizações, dando origem ao que posteriormente seria conhecida como logística empresarial. Para Ballou (2006), este conceito procura atingir metas de processos de cadeia de suprimentos que venham a conduzir a organização para objetivos globais, desenvolvendo um conjunto de atividades logísticas das quais venham a resultar o máximo retorno possível do investimento, no menor prazo.

O mercado globalizado atual exige das empresas velocidade em suas operações, influenciadas pelo desenvolvimento dos computadores, das telecomunicações e internet. Bowersox e Closs (2011) citam que a vantagem competitiva baseada na logística diferencia a empresa no mercado, neste contexto, pode-se dizer que a logística é uma ferramenta que contribui para o aumento da flexibilidade, da melhoria dos serviços e redução de custos (DANTAS, 2000).

A partir da década de 1990, a logística começou a ser mais relevante no Brasil devido à abertura e estabilização da economia, assim como uma abrangência global dos negócios, gerando mudanças no modelo de gerenciamento empresarial e substituindo o modelo baseado na produtividade por um modelo baseado na competitividade (TABOADA, 2002).

Ainda segundo Taboada (2002), a logística deixou de ser considerada uma abordagem operacional e se tornou uma abordagem estratégica, motivando ainda mais o interesse das organizações por este assunto. Isto se dá em razão da decorrência e da complexidade de uma economia moderna, representada pelo rápido avanço da tecnologia da informação e pela crescente necessidade de diminuir a lacuna entre a compra e entrega de bens e serviços, trazendo desafios para as organizações empresariais brasileiras e exigindo constante reposicionamento empresarial (FARAH JÚNIOR, 2002).

Atualmente a logística no Brasil passa por diversos desafios, como a falta de infraestrutura, precariedade dos equipamentos, escassez de mão de obra especializada e falta de políticas públicas eficientes, diminuindo a competitividade das organizações brasileiras no mercado mundial.

Em 2012 o governo Brasileiro criou a Empresa de Planejamento e Logística S.A (EPL), vinculada ao Ministério dos Transportes, com a finalidade de estruturar e qualificar por meio de estudos e pesquisas, o processo de planejamento integrado da logística do país, propondo mudanças na legislação de forma a aumentar a eficiência logística, reduzindo custos e aumentando a competitividade.

O acelerado desenvolvimento da tecnologia e principalmente da internet, deu origem a um novo conceito de produção para a indústria, proposto em 2011 na Feira de Hannover, a Indústria 4.0. A quarta revolução industrial proposta pelo governo alemão descreve um processo de fabricação computadorizado, onde os mundos físico e digital estão fundidos, possibilitando que as máquinas sejam capazes de se comunicar sem a interferência humana (SILVEIRA, 2016).

Afirma Greenough (2017), que até 2020 existirão mais de 34 bilhões de dispositivos conectados na internet, criando uma rede inteligente capaz de fornecer informações para a Indústria 4.0. Novos modelos de negócios serão necessários para atender as mudanças que o mercado irá sofrer. A customização do produto pelos consumidores será uma variável a mais no processo que as novas fábricas serão capazes de considerar (SILVEIRA, 2016).

A logística relacionada à Indústria 4.0 será fortemente impactada, pois toda a cadeia de valor estará interligada e fornecendo dados diretamente para as fábricas, possibilitando que trabalhem de forma autônoma, criando assim novas lacunas na logística. Desta maneira, formulou-se a seguinte pergunta para esta pesquisa: quais os impactos da Indústria 4.0 na logística empresarial?

## 1.1 JUSTIFICATIVA

A Indústria 4.0 impactará fortemente o mercado, através da criação de novos negócios, modelos de administração e problemas logísticos. Silveira (2016) ressalta que com o avanço tecnológico, a tendência é que em um futuro próximo as empresas se enquadrem ao conceito da Indústria 4.0, se tornando eficientes e altamente autônomas.

A indústria tem uma colaboração importante no Produto Interno Bruto (PIB) de diversos países, isso se dá em razão das tecnologias que foram desenvolvidas desde seu surgimento em 1700. Entender o projeto da Indústria 4.0, permite conseguir um bom posicionamento estratégico para enfrentar um cenário competitivo futuro (SANTOS, 2016).

Uma das mudanças geradas pela Indústria 4.0 é a interação do ser humano com a indústria, afirma Santos (2016), definitivamente migrando de atividades manuais e operacionais para processos produtivos mais complexos, onde será necessário cada vez mais mão de obra especializada, demandando mais formação profissional.

A escassez de trabalhadores que tenham a qualificação necessária para atender a necessidade do mercado não segue o mesmo crescimento e avanço que a indústria. De acordo com o U.S Department of Education, apenas 20% da força de trabalho atual possui as habilidades necessárias para atender a demanda dos 60% de novos empregos que irão surgir no Século XXI (AMLADI, 2013). Estudar a Indústria 4.0 torna-se extremamente necessário para contribuir com que as empresas estejam preparadas para as mudanças propostas por este modelo de produção, evitando que erros sejam cometidos e ao mesmo tempo aproveitando os novos mercados que irão surgir.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Analisar quais os impactos da Indústria 4.0 na logística empresarial.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos desta pesquisa referem-se a:

- Identificar por meio de pesquisa exploratória as propostas da Indústria 4.0 em relação à logística;
- Apontar os impactos da Indústria 4.0 na logística atual;
- Analisar os impactos da Indústria 4.0 nas organizações e suas relações com a logística.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 INDÚSTRIA 4.0**

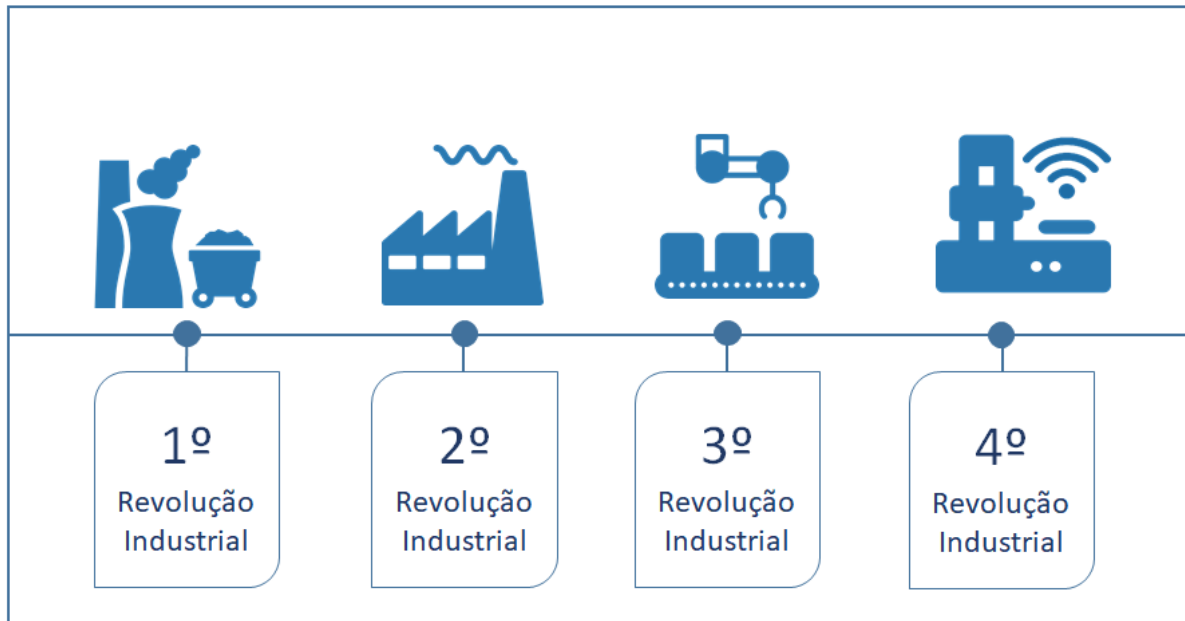
O conceito de Indústria 4.0 surgiu na Alemanha, durante a Feira de Hannover de 2011, propondo um novo modelo de produção para a indústria, possibilitado pelo rápido avanço tecnológico das últimas décadas principalmente da internet, com linhas de produção mais eficientes e de menor custo (GOMES, 2016).

O conceito 4.0 é um derivado do aumento da informatização nos meios de produção, onde as estruturas físicas estão cada vez mais integradas com as redes de informação digital, proporcionando a integração de um grande número de sistemas em todos os níveis de produção, sendo possível encontrar soluções com a menor quantidade de operações nas atividades (MASLARIĆ; NIKOLIČIĆ; MIRČETIĆ, 2016).

Ressaltam Maslarić, Nikoličić e Mirčetić (2016), que a digitalização é a palavra do século, ela está difundida em todos os segmentos da sociedade atual, partindo dos segmentos de produção até nas interações sociais. Assim como a mecanização, eletrificação e informatização definiram as três primeiras revoluções industriais, respectivamente nesta ordem, a digitalização, incluindo espaços ciber-físicos é a palavra chave que define a quarta revolução industrial (Figura 1).



Figura 1 - Revoluções industriais.



Fonte: Autor (2017).

A primeira revolução industrial ocorreu nos séculos XVIII e XIX, com o início da utilização do carvão como matriz energética, substituindo as produções artesanais, pelos processos produtivos mecanizados. A segunda revolução industrial ocorreu na metade do século XIX, quando a eletricidade passou a ser a principal fonte de energia nas fábricas, proporcionando o grande desenvolvimento das indústrias de petróleo e de aço. A terceira revolução ocorreu no fim do século XX, com os avanços da informática e a introdução de microprocessadores e processos cada vez mais tecnológicos em todos os segmentos industriais.

O número quatro se refere à quarta revolução industrial, que abrange o que já foi utilizado e exposto a respeito da tecnologia na logística, porém agora aplicando estas tecnologias nas linhas de produção da indústria, utilizando da capacidade dos equipamentos modernos em interpretar bancos de dados para que operem de maneira autônoma, com a mínima intervenção do homem (MACDOUGALL *et al.*, 2014).

Um dos maiores impactos da implantação da digitalização é o aumento da eficiência ou da produtividade nos processos de produção. A capacidade de monitorar toda a cadeia de processo possibilita que a empresa consiga alocar de maneira eficiente suas máquinas conforme surjam necessidades, identificar problemas e gargalos rapidamente, otimizar processos, diminuir o índice de defeitos na produção e até mesmo ser capaz de evitar problemas antes de construir uma planta ou produzir protótipos de produtos. Além de

conseguir utilizar de maneira mais eficiente o consumo de insumo, reduzindo dessa forma os custos de produção (CNI, 2016).

Os avanços tecnológicos das últimas décadas nas áreas de engenharia, tecnologia da informação e logística foram os pilares para a Indústria 4.0 se tornar uma realidade. A introdução recente de novos conceitos de gerenciamento, produção e logística no mercado, é resultado do contínuo desenvolvimento que a Indústria 4.0 apresenta, por ser ainda uma área recentemente estudada (GONÇALVES, 2016).

A proposta de um meio de produção inteligente e dinâmico, devido a capacidade das máquinas em utilizar uma rede de dados como a internet, e interpretar estas informações para tomar decisões em tempo real, sem a intervenção do homem, é o principal objetivo da Indústria 4.0 (BLANCHET *et al.*, 2014).

Países como Alemanha, China e Estados Unidos já possuem empresas que estão aplicando os conceitos propostos pela Indústria 4.0 e outras que começam a implementar seus fundamentos. As aplicações da Indústria 4.0 no Brasil ainda são recentes, em razão disso considera-se importante entender e identificar quais serão os impactos que causará nos diversos setores industriais do país (SANTOS, 2016).

O termo Indústria 4.0 está diretamente relacionado a novos conceitos que estão surgindo no mercado, como os Sistemas Ciber-físicos e a Internet das Coisas, que proporcionam uma nova maneira de abordar as problemáticas encontradas na indústria, possibilitando que as linhas de produção sejam cada vez mais eficientes com um menor custo, impactando os mais diversos segmentos do mercado (SILVEIRA, 2016).

Para Fischer (2016) a recente introdução destes conceitos no mercado é resultado de uma conjunção de diversas tecnologias que a logística vem absorvendo com o passar dos anos, tendo como objetivo reduzir custos, e agora com a possibilidade de equipamentos cada vez mais inteligentes, se torna possível estender ainda mais este conceito dentro da indústria.

A busca pela automação da indústria começou em 1970, e hoje isto se tornou um requisito fundamental para qualquer empresa que deseje ser competitiva no mercado. A Indústria 4.0 une a automação com a conectividade, integrando equipamentos aos sistemas de informações, tornando-os capazes de tomar decisões e encontrar soluções em tempo real (MACDOUGALL *et al.*, 2014).

A capacidade de autogerenciamento que a Indústria 4.0 vai introduzir no mercado, tem como maior diferencial a possibilidade de se antecipar aos eventos que estão por vir, desde manutenções necessárias até variações na demanda, sendo assim capaz de operar de maneira ininterrupta. (FISCHER, 2016).

Novos conceitos surgem no mercado e são cada vez mais utilizados com a introdução da Indústria 4.0, termos como Internet das Coisas (IoT) e Internet dos Serviços (IoS) reconhecem que o modelo de fabricação tradicional e os métodos de produção irão passar por uma transformação (SILVEIRA, 2016). A IoT utiliza de Tecnologias da Informação (TI) para conectar todos os subsistemas, processos internos e externos, fornecedores, clientes e pessoas comuns de maneira que a troca de informações passe por toda a cadeia de valor, formando uma grande base de dados (Big Data) e de computação em nuvem, Maslarić, Nikolić e Mirčetić (2016) ressaltam os principais termos os quais a Indústria 4.0 se baseia, que são descritos a seguir:

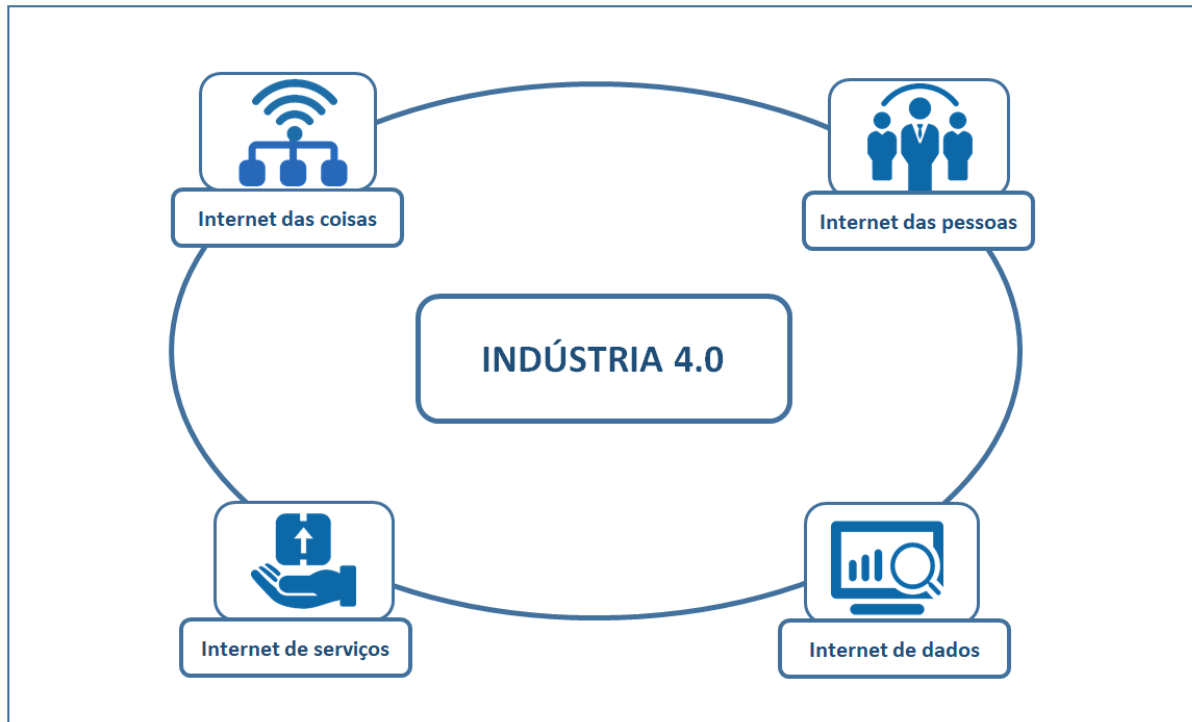
- Internet industrial: se refere ao uso industrial e a revolução da internet como uma só. Sua principal função é cobrir a adoção mais ampla da web para outras formas de atividade;
- Sistemas Ciber-físicos (CPS): é representado por redes on-line de equipamentos comuns que são organizados de forma semelhante às redes sociais (ela conecta a TI com os componentes mecânicos e eletrônicos que se comunicam uns aos outros através da rede). O RFID representa a forma inicial desta tecnologia;
- Indústria Inteligente: termo que exemplifica como alguns dos aspectos técnicos em inovações, como por exemplo, a integração das Tecnologias da Informação e Comunicação nos processos de produção, poderiam se desempenhar na prática tomando decisões de maneira autônoma;
- Internet das Coisas (IoT): o termo Internet das Coisas é comum e necessário dentro do cenário da Indústria 4.0, de maneira simples o termo representa a capacidade de qualquer objeto físico se comunicar com a internet, sendo possível o envio e recebimento de dados. Espera-se que o IoT proporcione oportunidades econômicas e logísticas de grande impacto, devido a sua grande capacidade de troca de informações e autogerenciamento;
- Internet dos Serviços (IoS): semelhante ao IoT, é a capacidade dos serviços serem disponibilizados através da internet. Este tipo de tecnologia é cada vez mais comum no dia a dia, e vem causando grandes mudanças em alguns modelos de negócios, atualmente como exemplo pode-se citar o aplicativo da Uber e da iFood. A IoS oferece um contato direto e personalizado do cliente

com a empresa de maneira, intuitiva, rápida e sem a necessidade de deslocamento, sendo este o grande diferencial.

Segundo Maslarić, Nikoličić e Mirčetić (2016), com o desenvolvimento da quarta revolução industrial e destes conceitos, outros termos e tecnologias ainda irão surgir até o fim desta etapa. Desta forma, de maneira preliminar a Indústria 4.0 pode ser representada pela interação de todas as redes capazes de trocar informações (Figura 2). Ainda Maslarić, Nikoličić e Mirčetić a definem da seguinte forma:

- Produtos e serviços conectados de maneira flexível através da internet, ou de outro tipo de rede, que seja capaz de criar um bloco de conectividade para troca de informações;
- Conectividade digital que permite a autonomia e autogerenciamento na produção de bens e serviços, incluindo a capacidade de realizar a movimentação e entrega de cargas sem a intervenção humana;
- Redes de valor controladas de maneira descentralizada, enquanto os elementos do sistema (instalações fabris ou veículos de transporte) são capazes de tomar decisões autônomas de maneira inteligente baseadas na captação de dados.

Figura 2 - Princípios da Indústria 4.0.



Fonte: Autor (2017).

Como ocorreu em outras revoluções industriais ao longo dos anos, a Indústria 4.0 irá passar por um processo de desestruturação da sua produção, devido às mudanças na maneira de como a tecnologia e gestão afetam este novo tipo de indústria. O desenvolvimento de novas iterações e avanços tecnológicos, gerenciais e logísticos terá como efeito o desenvolvimento de um novo modo de produção (WAGNER; HERRMANN; THIEDE 2017).

Diferente das revoluções industriais que ocorreram ao longo da história e que foram diagnosticadas anos após seu acontecimento, a quarta revolução industrial é a primeira em que seus conceitos, impactos e resultados são mensurados ao mesmo tempo em que ela ocorre, sendo prevista como tendência para um modelo de produção industrial (GOMES, 2016).

A possibilidade de acompanhar essa revolução em tempo real é devido à enorme quantidade de dados existentes, que envolvem os produtos e serviços presentes na cadeia de suprimentos (ROSSI, 2017). A maneira como toda essa informação vai ser tratada e processada irá proporcionar diversas possibilidades para o setor da logística, que tem o desafio de conseguir sustentar o pilar desta revolução.

### 2.1.1 Características da Indústria 4.0

As principais características da Indústria 4.0 são a sua capacidade de permitir que pessoas e fábricas inteligentes sejam capazes de se conectar e trocar informações através da Internet das Coisas e da Internet dos Serviços, a possibilidade de conectar sistemas físicos com modelos virtuais ou ciber-físicos, a descentralização das tomadas de decisões e de gestão, sendo estas realizadas de forma independente e de sua capacidade de se ajustar aos requisitos do mercado em tempo real (MASLARIĆ; NIKOLIČIĆ; MIRČETIĆ 2016).

O conceito da Indústria 4.0 propõe mudanças significativas em relação ao produto, processo, modelo de negócio, concorrência e globalização. Hofmann e Rüsch (2017) destacam que conseguir interpretar e se adaptar corretamente a estas alterações na maneira de abordar estes conceitos é vital para a permanência no mercado globalizado:

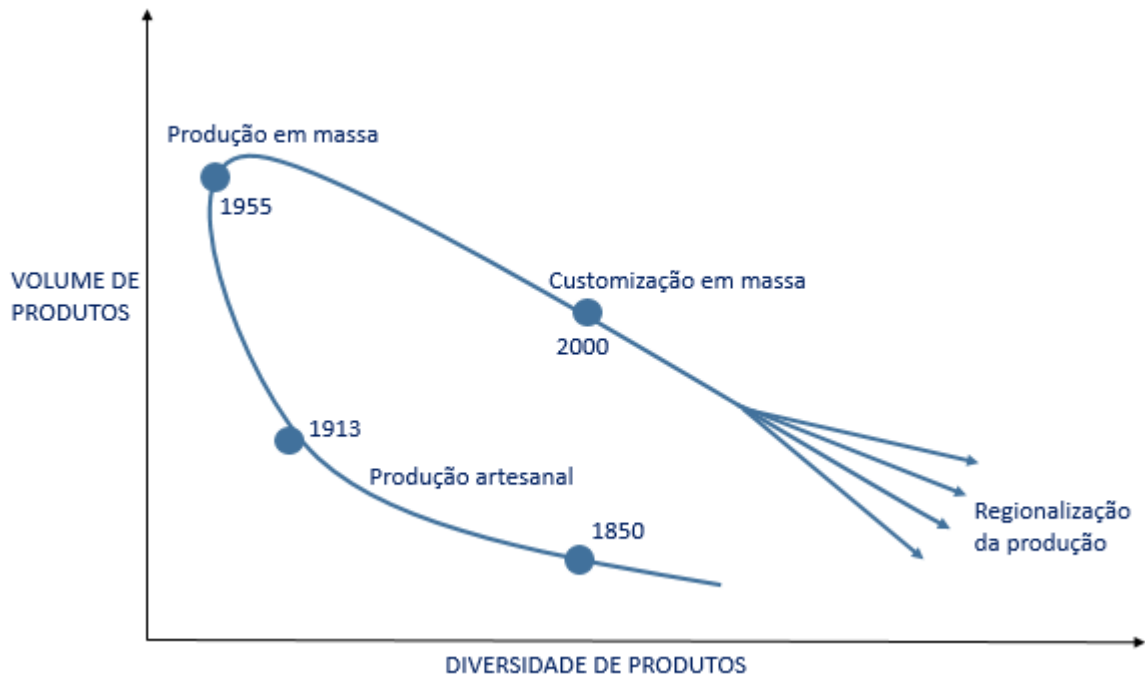
- Produto: capacidade de ser produzido de forma personalizada, aumentando a flexibilização da fábrica (Gráfico 1) mantendo baixos custos;
- Processo: conceito de produção em rede, com a formação de clusters<sup>1</sup> que proporcionam a redução de barreiras ao conhecimento e investimentos, aumentando a disponibilidade para pequenas e médias empresas;
- Modelos de Negócios: fragmentação da cadeia de valor, possibilitando que pequenos players<sup>2</sup> do mercado sejam capazes de se tornar e de disputar com os grandes players;
- Concorrência: aumento na disputa pelo cliente devido à fragmentação do mercado e da possibilidade de se tornar um grande player em todos os segmentos;
- Globalização: a descentralização ocorre devido ao aumento da flexibilidade na produção (Gráfico 1), gerando mais alternativas para o consumidor no mercado globalizado.

---

<sup>1</sup> Empresas que possuem características semelhantes e colaboram entre si, tornando-se mais eficientes.

<sup>2</sup> Empresa ou instituição financeira que atua no mercado financeiro.

Gráfico 1 - Flexibilidade na produção.



Fonte: CNI (2016).

A previsão de um mercado global totalmente interligado entre a indústria e os consumidores necessita de algumas condições para que tenha sucesso em sua implantação, como a padronização de sistemas, plataformas e protocolos, na organização do trabalho, na disponibilidade de produtos, no novo modelo comercial, na forma de proteção ao know-how<sup>3</sup>, na pesquisa e nas suas aplicações jurídicas (QIN; LIU; GROSVENOR, 2016).

Destaca Venturelli (2017) sobre a questão da segurança digital relacionada à Indústria 4.0, pois neste modelo de produção, toda a planta fabril estará integrada ao sistema, ficando mais exposta a ataques cibernéticos. O desafio de implantar sistemas seguros para dar o suporte necessário a este modelo é extremamente necessário e desafiador. É possível destacar ainda os principais pontos que devem ser observados e mitigados:

- Como equilibrar o entendimento e aplicação prática de sistemas de segurança em plantas industriais;
- Como aplicar soluções inteligentes de segurança que escalem o processo de crescimento da planta;
- Como monitorar, controlar invasões e rastrear ações na planta.

<sup>3</sup> Know-how é o conjunto de conhecimentos práticos adquiridos por uma empresa ou profissional, que traz para si vantagens competitivas.

As invasões de sistemas industriais ocorrem por diversos motivos ressalta Venturelli (2017), podendo ser para a criação de um vírus específico para sabotagem, satisfação pessoal do hacker, espionagem industrial, roubo e venda de dados, e até mesmo chantagem e sequestro de informações em troca de quantidades grande de dinheiro.

### **2.1.2 Indústria 4.0 no Brasil**

A indústria nacional ainda se encontra muitos anos atrás em questão tecnológica quando comparada com países desenvolvidos como a Alemanha e Estados Unidos, pode-se dizer que o Brasil está atualmente transitando entre a Indústria 2.0 para a Indústria 3.0, ou seja, está substituindo as tradicionais linhas de montagem utilizando pessoas, e introduzindo a automação através da eletrônica, robótica e programação, porém ainda em um ritmo muito abaixo do necessário para ser competitiva (HAHN, 2017).

Segundo a Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2016) o foco da indústria brasileira tem sido na melhoria nos processos produtivos para aumentar a produtividade, sendo este um foco positivo, porém deixando-se de aproveitar oportunidades dentro da cadeia produtiva e na exploração de novos modelos de negócios. A indústria brasileira segue um caminho natural no seu desenvolvimento, mas considerando seu posicionamento na economia global, a implantação da digitalização se faz necessária em todas as dimensões.

Com o objetivo de compreender a posição da indústria nacional perante as tecnologias digitais, a CNI listou 10 dessas tecnologias (Quadro 1) e realizou uma pesquisa perguntando se pelo menos uma dessas tecnologias era utilizada na sua empresa, e se pelo menos uma das tecnologias listadas poderia ser considerada importante para a competitividade de indústria.



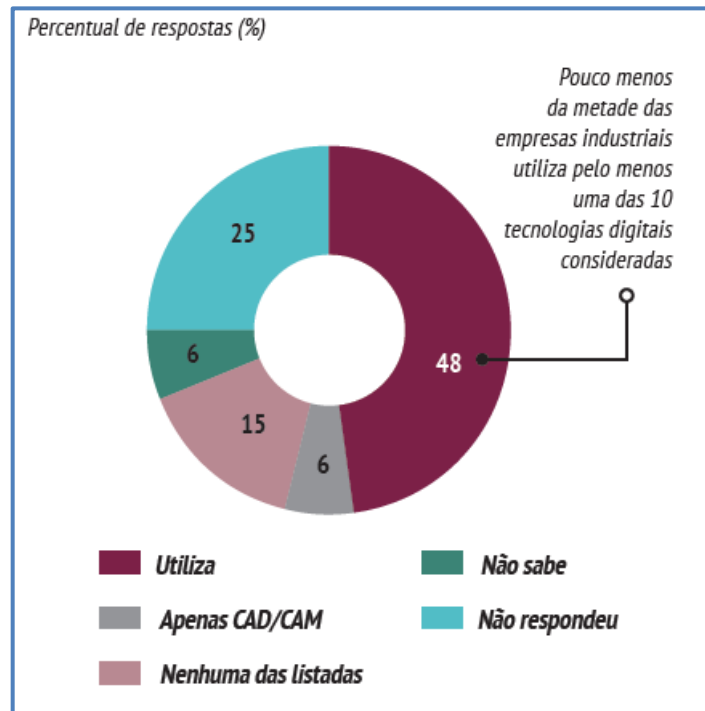
Quadro 1 - Tecnologias digitais para a indústria.

Projetos de manufatura por computador CAD/CAM (3) (4)
Sistemas integrados de engenharia para desenvolvimento de produtos e manufatura de produtos.
Automação digital sem sensores.
Automação digital com sensores para controle de processo.
Automação digital com sensores com identificação de produtos e condições operacionais, linhas flexíveis.
Monitoramento e controle remoto da produção com sistemas do tipo MES e SCADA (5)
Simulações/análise de modelos virtuais (Elementos Finitos, Fluidodinâmica Computacional, etc.) para projeto e comissionamento.
Coleta, processamento e análise de grandes quantidades de dados (“big data”).
Incorporação de serviços digitais nos produtos (Internet das Coisas).
Manufatura aditiva, prototipagem rápida ou impressão 3D.
Utilização de serviços em nuvem associados ao produto.

Fonte: CNI (2016).

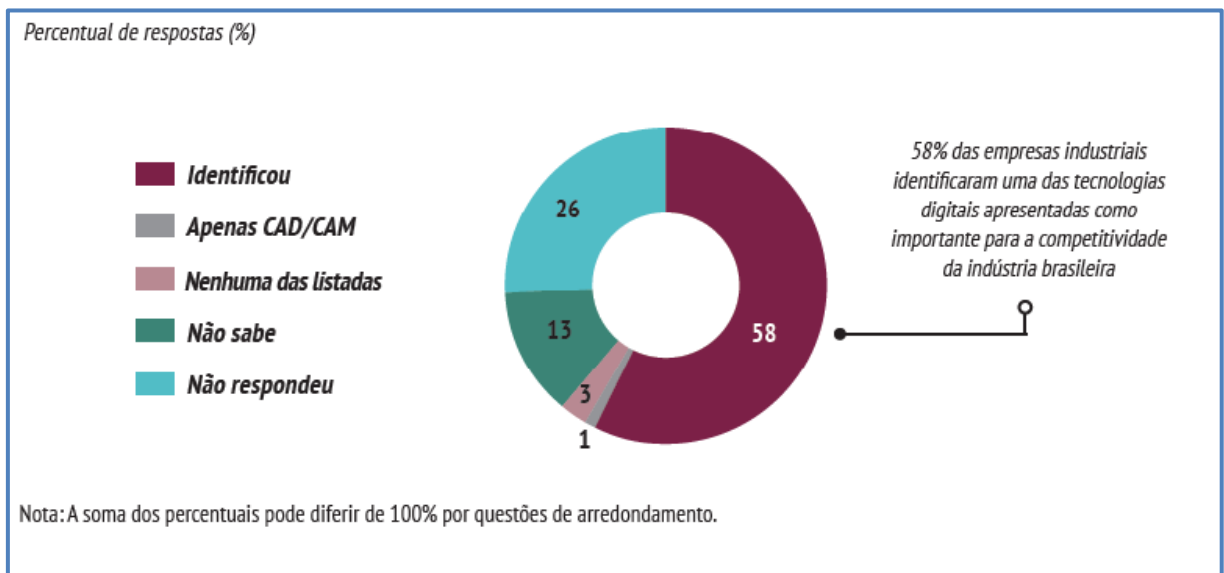
O desconhecimento do uso de tecnologias digitais na indústria é acompanhado pelo baixo uso das mesmas, segundo a pesquisa, apenas 48% utilizam pelo menos uma das tecnologias listadas (Gráfico 2), enquanto 58% consideram importante o uso de tecnologias digitais para a competitividade da indústria nacional (Gráfico 3).

Gráfico 2 - Utilização de pelo menos uma das 12 tecnologias digitais listadas.



Fonte: CNI (2016).

Gráfico 3 - Identificação de pelo menos uma das 10 tecnologias digitais listadas como importante para a competitividade da indústria.



Fonte: CNI (2016).

Hahn (2017) cita que o conceito da Indústria 4.0 já pode começar a ser introduzido e adequado à realidade da indústria nacional, pulando etapas necessárias para esta evolução, e aproveitando todos os conceitos e melhorias que ela propõe. Embora fosse ideal existir toda a modernização fabril encontrada em indústrias como as da Alemanha, a Indústria 4.0 aponta por alterações nos modelos atuais de Tecnologia da Informação e de automação, que irão proporcionar as vantagens competitivas para a indústria.

Além dos problemas que o país enfrenta na questão da modernização de suas instalações fabris, o atual cenário brasileiro, que passa por um momento de crise econômica e política, torna o desafio proposto pela Indústria 4.0 ainda mais difícil. Segundo o presidente da ABDI de 2017, Guto Ferreira, o desenvolvimento deste modelo de produção depende sensivelmente de políticas governamentais inteligentes, alianças de desenvolvimento destas tecnologias com outros países, gestores e empresários com visão e capacidade de realizar investimentos e, o apoio das instituições acadêmicas no desenvolvimento de pesquisas no setor, e por fim a formação de profissionais qualificados para atender a demanda tecnológica que esta revolução industrial necessita.

Para a indústria nacional, de maneira geral, o alto custo para a implantação de tecnologias é a principal barreira interna, como também a falta de compreensão para a definição do retorno sobre o investimento e os impactos na estrutura e cultura da empresa. Por outro lado, a falta de trabalhador qualificado, infraestrutura de telecomunicações insuficiente e a dificuldade para identificar tecnologias adequadas são as principais barreiras externas apontadas pela indústria (CNI, 2016).

Além da necessidade da indústria nacional em conseguir se adequar ao início da quarta revolução industrial no país, algumas medidas por parte da gestão pública são necessárias tanto para incentivar esse desenvolvimento como para proporcionar suporte para este modelo de produção, (CNI, 2016) aponta para seis medidas necessárias:

- Promover o desenvolvimento da infraestrutura digital (banda larga, sensores);
- Investir em novos modelos de educação e em programas de treinamento (cursos superiores e técnicos);
- Linhas de financiamento específicas;
- Colaborar com o setor privado e com governos de outros países para lidar com questões ligadas à transferência e proteção de dados;
- Estabelecer marcos regulatórios adequados;

- Estabelecer e promover padrões técnicos abertos (interoperabilidade).

Os conceitos que a Indústria 4.0 constrói, criam uma grande oportunidade para que se explorem estas novas ferramentas que estão sendo introduzidas no mercado. Embora já exista um conceito de como os novos modelos de indústrias inteligentes devam operar, muito ainda precisa ser desenvolvido, estudado e criado. Estes conceitos se expandem para todos os segmentos envolvidos com a produção, partindo do agronegócio, manufatura, até setores que realizam o apoio para todos os segmentos, como por exemplo os meios de transporte (VIALLI, 2016).

Os primeiros passos para a Indústria 4.0 já estão sendo realizados no país, a criação da Associação Brasileira de Internet Industrial (ABII), inspirada em uma comunidade internacional para o desenvolvimento desta tecnologia. O objetivo inicial é a divulgação da Internet Industrial e o fortalecimento crescente deste cenário no país, criando fóruns para a discussão do tema, intercâmbio tecnológico e de negócios, visando o desenvolvimento econômico e a geração de empregos no país (HAHN, 2017).

## 2.2 LOGÍSTICA

A logística é uma área do conhecimento relativamente nova e que evolui rapidamente, Fleury (2000) discorre que a logística é um elemento diferenciador que oferece vantagem competitiva, destacando o surgimento do conceito de gerenciamento da cadeia de suprimentos e com isso o conceito da logística empresarial.

Teixeira (2012), afirma que as empresas empregam, de forma contínua, esforços para aumentar sua competitividade, e no que diz respeito à logística é comum que as organizações tratem o fluxo logístico dos seus setores de forma isolada. Há também empresas que buscam maior articulação com os fornecedores, e de forma eficiente conseguem implementar um planejamento mais integrado de suas operações. Poucas empresas chegam ao estágio onde exista uma integração estratégica otimizada entre os participantes da cadeia de suprimentos.

A definição da logística consiste em prover uma gama de atividades para que o produto ou serviço esteja em conformidade em relação ao prazo e local de entrega, quantidade, documentação, e principalmente qualidade (COELIS, 2017).

O objetivo da logística é desenvolver as atividades necessárias com menor custo para a empresa e no menor tempo possível. Para Rosa (2011), é necessário atender todas as

expectativas dos clientes e empresas envolvidas no processo para garantir a integridade humana e do meio ambiente.

Segundo Ballou (2006), a logística é um campo de estudo da gestão integrada, de áreas como finanças, marketing e produção. Pode ser considerada um processo que inclui todas as atividades importantes da empresa para a disponibilização de bens e serviços aos clientes quando e onde eles quiserem. As oportunidades para a redução de custos e otimização de serviços estão nos pontos inseridos na cadeia de suprimentos.

A logística também tem como objetivo eliminar do processo tudo que esteja gerando custos e perda de tempo, uma redução contínua de custos exigida pelo mercado competitivo, e por outro lado à otimização dos processos e recursos, agregando o máximo de valor possível para o cliente. Novaes (2001), afirma que estes valores são classificados como valores de lugar, tempo, qualidade e informação, tendo as seguintes definições:

- Valor de Lugar: O produto ao sair da indústria, já possui um valor intrínseco a ele, devido aos métodos de produção, matéria prima utilizada, complexidade entre outros, porém o consumidor para usufruir do produto, precisa que este esteja colocado no lugar desejado. O lugar então irá agregar valor a este produto, pois ele só irá ter valor para o cliente quando for finalmente utilizado;
- Valor de Tempo: O transporte do produto, desde sua expedição até o consumidor final, é um processo que tem um custo financeiro elevado, pois quanto maior o tempo que este produto permanece neste processo, mais despesas ele gera para a empresa, assim como perde credibilidade com os clientes. O valor de tempo está atrelado em atender os prazos estipulados, diminuindo os custos gerados pelo mau dimensionamento da janela de tempo;
- Valor de Qualidade: Garantir que o produto esteja no local correto e dentro dos prazos, não é uma garantia de satisfação do cliente, pois o produto necessita estar dentro das especificações exigidas pelo consumidor, podendo estas ser de cor, tamanho, validade, qualidade e qualquer outra que pela ótica do consumidor esteja fora dos padrões requeridos;
- Valor de Informação: A capacidade de saber a localização exata do produto durante o seu transporte, bem como as suas condições, ou ainda a maneira como foi produzido auxiliam o consumidor destes produtos a tomar decisões

antes mesmo da chegada destas mercadorias, permitindo que correções sejam feitas para possíveis contratempos, evitando assim perdas na cadeia logística.

A quantidade de informações é um fator de elevada importância para a realização de operações logísticas. Acompanhamento do estoque, movimentação de carga, roteirização, pedidos de clientes, situação de fornecedores, documentação de carga e transporte, tempo de operação, são exemplos de informações comuns e de extrema importância para operações logísticas (NAZÁRIO, 1999).

Argumenta Novaes (2001) que desta forma, a logística busca incorporar os seguintes pontos:

- Prazos previamente acertados e cumpridos integralmente, ao longo de toda a cadeia de suprimentos;
- Integração efetiva e sistêmica entre todos os setores da empresa;
- Integração efetiva e estreita com fornecedores e clientes;
- Busca da otimização global, envolvendo a racionalização dos processos e a redução de custos em toda a cadeia de suprimento;
- A satisfação plena do cliente, mantendo nível de serviço preestabelecido e adequado.

A capacidade de tornar a vida do cliente mais cômoda já é viável, porém é possível se aprofundar ainda mais, fazendo com que os equipamentos pessoais do cliente estejam preparados para se antecipar as suas necessidades e reagir a elas é um desafio que a logística terá que enfrentar com a introdução da Indústria 4.0 (FISCHER, 2016).

A tendência da Indústria 4.0 em conseguir produzir itens feitos sob demanda para atender consumidores cada vez mais exigentes, necessita uma operação coordenada e de funcionamento sem interrupções, baseando-se na análise e interpretação de dados. Esta nova maneira de produção que surge, demanda que a logística de abastecimento realize esta função na mesma velocidade e diversificação da produção, impactando na dinâmica da empresa como um todo (FRANCESCHINI, 2016).

Ressalta Franceschini (2016) que é fundamental a logística acompanhar a inteligência da fábrica, para que não existam falhas no processo produtivo, e essa inteligência

se estende para o mercado, pois a indústria e a logística estão trocando informações sobre produção e abastecimento de acordo com as demandas do mercado, para que o produto seja feito exatamente como pedido.

Toda essa integração logística, desde os processos produtivos, exposição do produto ao cliente, até a maneira de como o produto será entregue, se tornou uma necessidade para acompanhar os players do mercado, devido aos processos logísticos cada vez mais rápidos com a inserção das compras digitais, e clientes mais exigentes (NEPOMUCENO, 2016).

As possibilidades de inovação que a logística tem com essa nova maneira do cliente em frequentar o mercado, através do e-commerce, por exemplo, revela uma necessidade de grandes investimentos em tecnologia, para que consigam acompanhar a rápida evolução do mercado através dos conceitos da Indústria e Logística (FISCHER, 2016).

A logística empresarial tem como objetivo proporcionar, de maneira inteligente e eficiente a lucratividade na aquisição, movimentação, armazenamento e entrega de produtos, organizando o fluxo de produtos e serviços (NEPOMUCENO, 2016).

Para Tonelli *et al* (2016), o maior desafio encontrado hoje é conseguir integrar os mais diversos sistemas que compõem as operações logísticas e que possuem padrões distintos entre si. A possibilidade que a indústria 4.0 traz para que haja uma padronização mundial das operações e inclusive dos custos, cria oportunidades logísticas que antes eram impraticáveis.

### **2.2.1 Transformações na Logística**

À medida que a globalização do mercado promove maiores conectividades mercadológicas, proporcionalmente as práticas e conceitos logísticos se tornam mais complexos para atender estas transações internacionais. Uma logística eficiente junto com uma cadeia de suprimentos efetiva é capaz de reduzir o custo destas transações e ao mesmo tempo agregar valor para a economia global, favorecendo o desenvolvimento de negócios (WU, 2013).

A construção de uma logística em nível global, que seja eficiente, é um requisito para o desenvolvimento da Indústria 4.0, e para isso Wu (2013) discorre sobre cinco necessidades básicas que precisam ser atendidas para a consolidação desse hub<sup>4</sup> logístico global:

---

<sup>4</sup> Ponto central para coletar, separar e distribuir para uma determinada área ou região específica.

- Consolidar os canais de operação de entrega;
- Satisfazer os requisitos de cliente em vários níveis;
- Construir um sistema logístico rápido e eficiente;
- Coordenação interna das funções;
- Desenvolver uma estratégia competitiva para toda a cadeia de suprimentos.

Outro importante requisito para a Indústria 4.0 é a transformação e implantação do meio digital nos meios de produção. A digitalização tem sido uma das principais responsáveis pelas mudanças causadas da cadeia de valor, e as empresas precisam adequar seus negócios a este novo meio digital para ter sucesso neste novo ambiente. Maslarić, Nikolić e Mirčetić (2016), apontam quatro etapas que serão críticas para estas transformações no processo de transição para a implementação da Indústria 4.0:

- Capacidade das empresas em se adequarem e construírem um meio digital;
- Necessidade das empresas estarem dispostas a cooperar com o ecossistema;
- Considerar o gerenciamento de dados como um valioso ativo comercial, visando o objetivo de garantir um maior controle industrial;
- Tratar de maneira mais severa o gerenciamento da segurança cibernética, pois no conceito da Indústria 4.0, a independência da fábrica inteligente, assim como a massiva troca de dados estarão conectadas na internet.

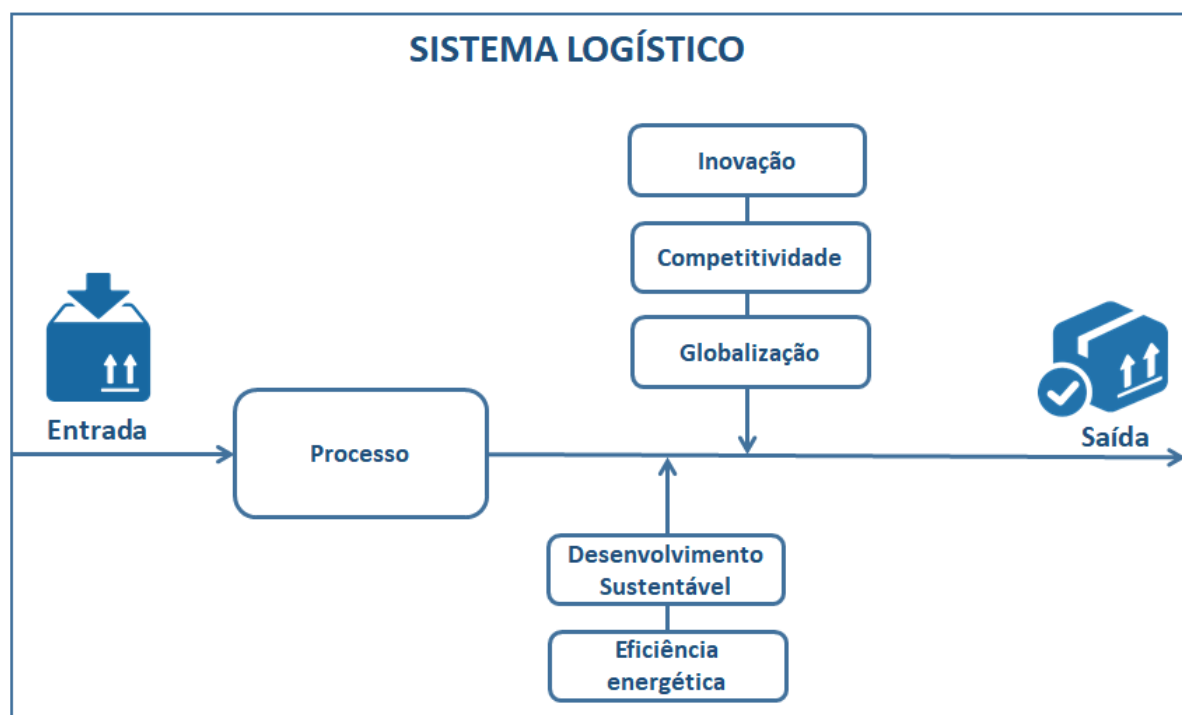
A transformação digital e a criação de um mercado único digital são as duas prioridades da União Europeia, com o objetivo de promover o crescimento, competitividade, investimentos e a criação de empregos, desta forma a implantação de tecnologias digitais passa a ser uma tarefa prioritária em uma política que abrange todos os setores da economia (HOFMANN; RÜSCH, 2017).

No setor da logística, a vasta quantidade de dados disponíveis e o uso da Tecnologia da Informação podem ajudar a melhorar o uso dos recursos existentes. Alguns dos benefícios que poderiam ser alcançados através do uso da TI na logística é a melhoria nas análises, comunicação, concepção e na capacidade de otimização. A digitalização dos processos logísticos leva a criação de soluções logísticas inteligentes (WU, 2013).



Entendendo que o produto final de um sistema logístico é um serviço logístico. Nos sistemas logísticos tradicionais, os parâmetros básicos são utilizados de acordo com o tipo de serviço selecionado, onde para os clientes era mais importante o custo e tempo para realização do mesmo (COELIS, 2017). Entretanto, com a globalização e o aumento da concorrência no mercado o contexto, de ser uma empresa ambientalmente correta e eficiente energeticamente (Figura 3), principalmente por parte das indústrias de transformação, o cliente final passou a prestar atenção em não só apenas no tempo e custo, mas na sustentabilidade do serviço logístico, nos aspectos ambientais, econômicos e sociais (MASLARIĆ; NIKOLIČIĆ; MIRČETIĆ, 2016).

Figura 3 - Transformação do contexto da produção logística.



Fonte: Adaptado de Maslarić, Nikoličić e Mirčetić (2016).

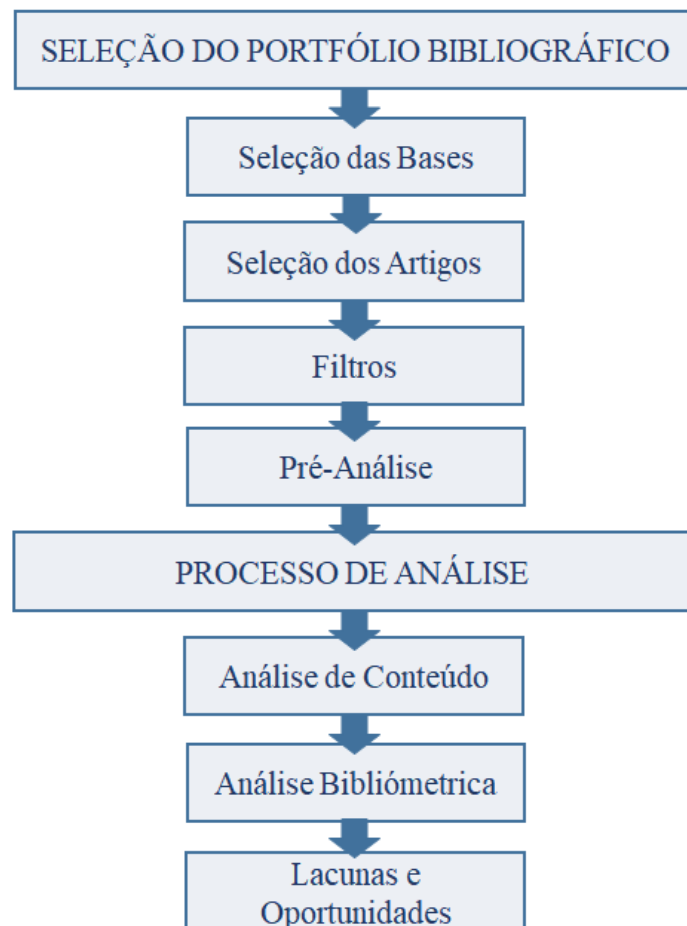
A transformação da logística inclui uma mudança na conjuntura do produto da indústria logística pelo aspecto dos usuários finais. Esta mudança no contexto impacta em alterações na maneira de realizar os processos logísticos, que hoje são baseados na TI contemporânea. Os passos seguintes dessa transformação da logística devem ocorrer em seus processos, para que os requisitos necessários para os novos modelos de produção da Indústria

4.0 sejam atendidos, assim superando, compreendendo e desenvolvendo os conceitos da Internet Industrial com novas maneiras de planejamento, organização, gerenciamento e realização dos processos logísticos (HOFMANN; RÜSCH, 2016).

### 3. METODOLOGIA

Para ter o suporte teórico adequado que este trabalho requer, foi necessário utilizar uma metodologia de pesquisa adaptada de Vasconcelos (2012), para que fosse possível formar um portfólio bibliográfico inerente ao tema proposto. Neste capítulo serão apresentados todos os passos utilizados para a formação do material de pesquisa e os critérios de avaliação dos mesmos. O fluxograma apresentado (Figura 4) detalha os passos que foram seguidos até a formação do portfólio, podendo-se agrupar os passos em dois grupos: (1) o conjunto de artigos que forma o portfólio bibliográfico; (2) processo de análise do conteúdo para o embasamento teórico da pesquisa.

Figura 4 - Sequência Metodológica.



Fonte: Adaptado de Vasconcelos (2012).

A metodologia deste trabalho pode ser classificada como teórica, com abordagem qualitativa e quantitativa, em relação à Indústria 4.0 e a logística empresarial. As etapas necessárias para a elaboração deste trabalho consistem em dois momentos, sendo eles a pesquisa bibliográfica e análise do cenário atual com o proposto na bibliografia.

A pesquisa bibliográfica tem objetivo de estabelecer um portfólio que contenha artigos e publicações que sejam relevantes para a comunidade científica, assegurando a confiabilidade da pesquisa. Para Lacerda, Ensslin e Ensslin (2012), o conceito de análise bibliométrica tem como base a avaliação quantitativa de determinados parâmetros de um conjunto definido de artigos, denominado portfólio bibliográfico.

### 3.1 SELEÇÃO DO PORTFÓLIO BIBLIOGRÁFICO

Para o processo de formação do portfólio bibliográfico proposto por Vasconcelos (2012) é necessária aplicação de quatro etapas:

- Seleção das bases de dados eletrônicas disponíveis no portal de periódicos da Capes;
- Seleção dos artigos presentes nas bases escolhidas, por meio de sistemas de busca eletrônica;
- Utilização de filtros de pesquisas escolhidos de maneira arbitrária pelo pesquisador, para a seleção de artigos que fossem inerentes ao escopo da pesquisa e decisões do pesquisador;
- Pré-análise dos artigos encontrados com o objetivo de selecionar os artigos que fossem mais adequados à pesquisa.

#### 3.1.1 Seleção das bases de dados

Para esta pesquisa foram selecionadas pelo pesquisador três bases de dados existentes no portal de periódicos da Capes, ScienceDirect (Elsevier), SCOPUS (Elsevier), e Web of Science, determinadas pelos seguintes critérios:

- Acesso livre aos artigos científicos que obtivessem textos completos;
- Possibilidade de exportar os artigos para o software EndNote®, para realizar a manipulação, tratamento, contagem de dados e leitura.

A escolha de bases de dados eletrônicas que estivessem disponíveis no portal de periódicos da CAPES, ocorreu pelo fato da instituição ligada ao pesquisador possuir acesso ao material completo por ser uma das participantes do programa disponibilizado pelo governo.

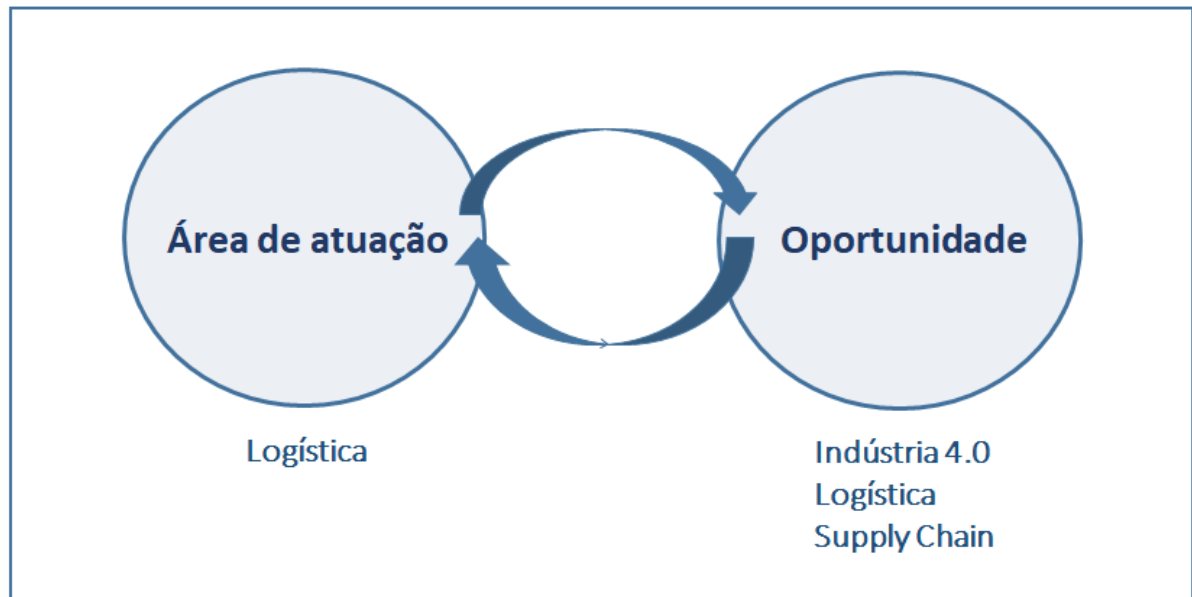
A possibilidade de encontrar artigos científicos que obtivessem acesso gratuito ao seu conteúdo integral foi um dos critérios mais importantes, por conta da indisponibilidade financeira do autor, assim como para a facilitação de estudos futuros sobre o tema para outros pesquisadores.

A oportunidade de exportar o material encontrado para o software EndNote® foi considerada um critério para o pesquisador, pois o programa auxilia na organização do material encontrado e na sua facilitação no tratamento, contagem de dados e na leitura dos mesmos, conseguindo de maneira simples, agrupar o material de todas as bases em um único lugar.

### **3.1.2 Seleção das palavras-chave**

As palavras-chave foram escolhidas com o objetivo de buscar dentro das bases de dados eletrônicas, artigos que fossem alinhados com o escopo da pesquisa. Para isso, as palavras-chave foram definidas segundo o entendimento do autor em três eixos de pesquisa: área de estudo, oportunidades relacionadas e interesse do autor. A interligação destes três eixos resultou na definição das palavras-chave escolhidas para a pesquisa: 1) Indústria 4.0; 2) Logística; 3) Cadeia de suprimentos. Subsequentemente estas palavras-chave foram transcritas para o inglês pelo fato da maioria dos artigos publicados nas bases de dados escolhidas estarem nesta língua, desta maneira, as palavras utilizadas foram: 1) Industry 4.0; 2) Logistic; 3) Supply chain

Figura 5 - Eixos de pesquisa e oportunidades.



Fonte: Autor (2017).

A Figura 5 apresenta os eixos de pesquisa com suas respectivas oportunidades de palavras-chave, das quais foram escolhidas três que nortearam o embasamento e desenvolvimento desta pesquisa. Desta maneira acredita-se que por estarem conectadas (Figura 5), e pelos assuntos abordados serem de relevância um para o outro, as possibilidades de encontrar material nas bases de dados que sejam alinhados com o escopo da pesquisa, aumentam substancialmente. Sendo assim, é possível correlacionar os interesses do autor com a área de estudo e as oportunidades relacionadas.

### 3.1.3 Seleção dos artigos

A seleção dos artigos foi realizada através das bases, utilizando as palavras-chave escolhidas pelo autor como filtro de busca no título, resumo e palavras-chave dos artigos, exemplificado na Figura 6 e Figura 7. As palavras-chave utilizadas para a busca de artigos baseou-se na combinação das palavras “Indústria 4.0”, “Logística” e “Supply Chain”. Nesta seleção o material selecionado foi apenas artigos científicos e de revisão, desconsiderando livros, editoriais, notas e outras literaturas em geral. Esta opção prioriza artigos, pois estes estão mais relacionados com o meio científico e acadêmico.

Figura 6 - Tela da busca eletrônica de artigos na base Scopus.

Fonte: Autor (2017).

Figura 7 - Tela da busca eletrônica de artigos na base Web of Science.

Fonte: Autor (2017)

A busca por artigos nas bases de dados eletrônicas disponíveis por meio do portal da CAPES, foi realizada a partir da utilização de palavras-chaves pré-determinadas pelo autor, que utilizou o operador booleano “and” (Tabela 1) para que o cruzamento das palavras chave fosse realizado da maneira correta em todas as bases.

Tabela 1 - Combinação de palavras-chave.

Palavras Chave	Scopus	Web of Science	Science Direct
Industry 4.0 and Logistic	158	175	194
Industry 4.0 and Supply Chain	236	214	245
Logistic and Supply Chain	721	451	565

Fonte: Autor (2017).

Conforme exposto na Tabela 2, com o total de 2959 artigos encontrados foi possível através da combinação das palavras-chave escolhidas pelo autor. A definição de palavras-chave que estejam alinhadas corretamente com o escopo da pesquisa serve como um primeiro tipo de filtro para excluir publicações que não agreguem valor à pesquisa, pois quanto mais abrangentes forem as palavras-chave escolhidas, maior será o retorno da busca realizada nas bases e consequentemente maior será o trabalho com filtros seguintes para a escolha de um material mais inerente ao tema proposto.

Tabela 2 - Quantidade de artigos selecionados nas bases escolhidas.

<b>BASES</b>	<b>Nº Artigos</b>
Web of Science	840
Scopus (Elsevier)	1115
ScienceDirect (Elsevier)	1004
<b>TOTAL</b>	<b>2959</b>

Fonte: Autor (2017).

Como resultado total das buscas em cada uma das bases de dados (Tabela 2), um total de 2959 artigos foram encontrados para a formação de um portfólio bibliográfico. Este material passou por diversas etapas para que não seja necessária a leitura de artigos que não sejam interessantes para o desenvolvimento da pesquisa, e por fim, gerando um portfólio que seja inerente ao escopo da pesquisa.

### 3.1.4 Filtros de pesquisa

Os resultados de busca forneceram um total de 251 artigos, que foram submetidos a diversos filtros (Tabela 3) com o objetivo de encontrar publicações que fossem mais



relevantes ao tema da pesquisa. A função dos filtros é remover os artigos que não possuem conteúdo inerente ao escopo da pesquisa e aperfeiçoar o processo de pesquisa.

O primeiro filtro utilizado foi para eliminar os artigos que foram encontrados nas duas bases, com o auxílio do EndNote®, utiliza-se o comando “Find Duplicates”, eliminando os artigos duplicados. Deste modo, resultou na eliminação de 1166 artigos.

Por se tratar de uma linha de estudo recente no meio acadêmico, decidiu-se realizar um corte temporal, para que apenas as pesquisas dos últimos cinco anos fossem relevantes para a formação desta pesquisa.

Em sequência, se realizou a leitura dos títulos e resumos dos artigos não duplicados, eliminando os artigos não alinhados com o tema proposto pela pesquisa, obtendo uma redução expressiva e removendo 924 publicações.

No último filtro se analisou a disponibilidade dos artigos, excluindo aqueles que não possuem acesso gratuito do conteúdo inteiro. Embora esta decisão de filtro não seja a mais adequada, pois artigos relevantes possam ter sido descartados, se tomou esta decisão devido à indisponibilidade financeira do autor, com isso, se descartou 323 publicações. Com estes filtros foi possível criar um pré-portfólio com aporte teórico robusto e alinhado ao tema da pesquisa.

Tabela 3 - Filtro de seleção dos artigos.

FILTRO	Nº de Artigos
Artigos Brutos	2959
Artigos não duplicados	1793
Artigos a partir de 2012	1498
Título e Resumo alinhados	574
Disponibilidade	251

Fonte: Autor (2017).

### 3.1.5 Pré-análise dos artigos

Esta etapa teve a finalidade de encontrar as publicações com maior contribuição para o aporte teórico desta pesquisa (Tabela 4), levando-se em consideração a pertinência (artigos que fossem inerentes ao escopo da pesquisa) ao tema e sua homogeneidade (artigos que tratam em profundidade o tema), tratando-se de uma abordagem qualitativa de análise, realizada com a leitura da introdução e conclusão dos artigos, ou seja, ter um conhecimento

breve sobre o assunto tratado sem que uma leitura mais profunda fosse realizada, com os seguintes critérios:

- Pertinência do conteúdo ao tema da pesquisa onde o material apresenta um estudo sobre o desenvolvimento da indústria 4.0 e seus impactos na logística aplicada atualmente;
- Contribuição teórico-empírica da publicação para a pesquisa, considerando os resultados obtidos e a relevância acadêmica;
- Robustez do aporte teórico considerando a quantidade e qualidade do aporte teórico utilizados pelos autores.

Os critérios apresentados receberam uma pontuação em escala Likert de 1 a 3 e atribuíam-se uma nota para cada artigo com a soma das pontuações. Com isso a nota mínima possível para um artigo é 3 e máxima 9. Todas as 158 publicações que receberam nota mínima no quesito pertinência do conteúdo foram considerados “não inerentes” ao tema da pesquisa e excluídos do portfólio. Todos os 93 artigos restantes foram lidos na íntegra para a construção de um referencial teórico que dão apoio a este trabalho.

Tabela 4 - Resultado da Pré-análise dos artigos.

Etapa de seleção	Pontuação	Frequência	Total
Não Aderentes e Eliminados	3	61	158
	4	38	
	5	59	
Portfólio Bibliográfico	4	16	93
	5	14	
	6	27	
	7	15	
	8	12	
	9	9	
TOTAL	251		

Fonte: Autor (2017).

A análise bibliométrica e a análise de conteúdo foram realizadas nos 93 artigos selecionados na última etapa de filtragem dos artigos, que foram tratados como portfólio bibliográfico. A partir do portfólio construído, foi possível elaborar um quadro com as linhas de estudo necessárias para realização da pesquisa em relação às linhas de estudo de cada autor utilizado para o embasamento do trabalho, com o objetivo de facilitar a busca de material para

futuras pesquisas (Quadro 2). O resultado destas análises será a contribuição tanto teórica quanto empírica do material selecionado, assim como possíveis lacunas de pesquisa que justificam a execução deste trabalho.

### 3.2 ANÁLISE DO CONTEÚDO DOS ARTIGOS DO PORTFÓLIO BIBLIOGRÁFICO

Como já apresentado, o levantamento realizado nas bases de dados eletrônicas disponibilizadas pelas CAPES, resultou em um portfólio de 93 artigos não duplicados, com seus títulos, resumos e conteúdos alinhados com o escopo e objetivo deste trabalho e ainda disponíveis gratuitamente.

Com o portfólio formado, foi possível analisar o conteúdo integral dos artigos para gerar informação e conhecimento sobre o estado geral da arte relacionada ao desenvolvimento da Indústria 4.0 e seus impactos na logística empresarial. Analisar o conteúdo tem o objetivo de proporcionar conhecimento ao pesquisador para que o aporte teórico da pesquisa seja bem consolidado e de relevância acadêmica.

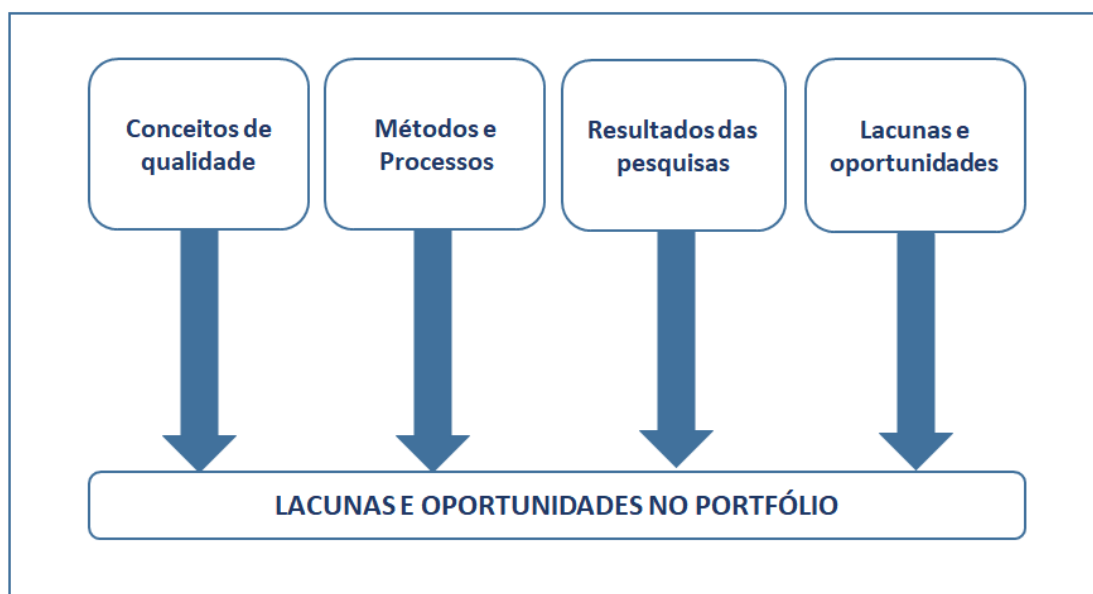
Desta maneira, esta pesquisa apresenta o resultado consolidado da leitura e análise de 93 artigos do portfólio bibliográfico gerado, evidenciando concepções teóricas, abordagens metodológicas sobre o tema, conceitos relevantes, lacunas e oportunidades de estudos futuros sobre o tema abordado.

Para a análise do conteúdo, empregou-se a lógica apresentada da Figura 8, que representa horizontalmente a leitura integral dos artigos inseridos no portfólio e a identificação das dimensões de análise do corpo do texto, e verticalmente a análise dos excertos encontrados por dimensão de análise, onde leva-se em consideração os seguintes itens:

- Desenvolvimento da Indústria 4.0 – a leitura e análise dos artigos com objetivo de compreender a evolução da indústria sob visão dos estudos acadêmicos, assim como a sua interpretação e conceitos utilizados pelos autores;
- Conceitos relacionados à logística – compreender os métodos de investigação, estudo e desenvolvimento, assim como seu universo de aplicação e as amostras nas quais o estudo foi realizado;
- Resultados da pesquisa – para evidenciar e compreender os principais conceitos criados, desenvolvidos e utilizados nos resultados teórico-empíricos dos artigos do portfólio;

- Lacunas e/ou oportunidades de pesquisa – as lacunas são percebidas na forma de limitações dos estudos diante aos resultados apresentados e as oportunidades nas recomendações de trabalhos futuros pelos autores.

Figura 8 - Representação lógica da análise do conteúdo.



Fonte: Adaptado de Vasconcelos (2012).

Com a leitura e análise de todos os artigos presentes no portfólio bibliográfico gerado, pode-se comparar os resultados de cada coluna do quadro de análise e realizar conclusões por critério. Se faz uma análise geral para evidenciar as conclusões de maior relevância e possíveis lacunas/oportunidades de pesquisa.

Os resultados das análises de conteúdo por dimensão foram utilizados para a formação do referencial teórico presente no capítulo 2, e quando necessário foram complementadas com outras fontes de consulta, como livros e outras publicações relevantes ao tema.

### 3.3 LACUNAS E/OU OPORTUNIDADES DE PESQUISA

Grande parte dos autores de artigos presentes no portfólio tem como característica publicações de âmbito exploratório e não conclusivo, o que limitou a sua utilização. Estudos que apresentam a necessidade de pesquisas mais aprofundadas e com amostras mais representativas dos objetos de estudo também foram limitados na sua utilização. Os pontos de maior empecilho na utilização destes artigos foram:

- Amostras com estudos amplos relacionados às aplicações da indústria 4.0, sendo estas voltadas para a disseminação dos conceitos do setor 4.0 em áreas ainda pouco exploradas em estudos acadêmicos.
- Aplicação dos conceitos da Indústria 4.0 em casos ou condições muito específicas, o que dificulta a exploração destes dados para o escopo proposto pela pesquisa.

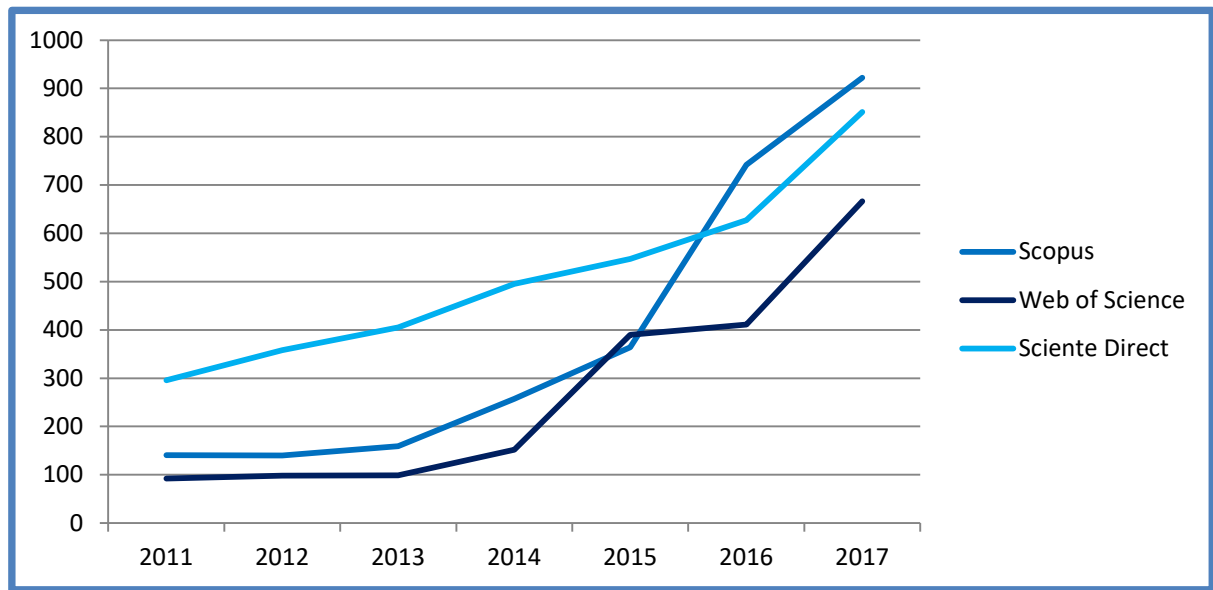
As lacunas encontradas no portfólio podem ser interpretadas como uma falta de filtros de pesquisa, que limitassem ainda mais a formação do portfólio, ainda que o autor tenha a opção de utilizá-lo ou não para a formação da pesquisa. Por outro lado, estes mesmos artigos também apresentam oportunidades de pesquisa seguindo outras linhas de estudo, podendo ser utilizados em outras ocasiões.

### 3.4 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DOS ARTIGOS DO PORTFÓLIO BIBLIOGRÁFICO

O objetivo da análise bibliométrica aqui é evidenciar de maneira sucinta os autores e palavras-chave de maior destaque no portfólio da pesquisa, para desta forma compreender a influência dos autores, temas e instituições no campo estudado.

O Gráfico 4 mostra a evolução na quantidade de publicações de maneira geral dentro das bases de dados estudadas a partir de 2011 relacionadas com o tema, que foi o ano em que o termo Indústria 4.0 foi introduzido oficialmente pelo governo alemão, obtendo o seu pico em 2017.

Gráfico 4 - Evolução da quantidade de publicações em bases de dados.



Fonte: Autor (2017)

Não é possível afirmar o real motivo do aumento do número de publicações de artigos relacionados à Indústria 4.0, porém algumas inferências podem ser feitas:

- Disseminação do tema dentro das universidades, por estar diretamente ligada com a inovação científica e tecnológica;
- Amplitude dos impactos gerados pelo tema, conseguindo abranger todos os setores da economia assim como diversas áreas de estudo;
- Necessidade do mercado e das instituições de ensino em conseguirem compreender os impactos gerados pelo tema.

### 3.4.1 Palavras-chave

As palavras-chave mais citadas dentro do portfólio bibliográfico são apresentadas na Tabela 5, na qual é possível observar a ocorrência das palavras utilizadas como filtro na busca inicial nas bases de dados escolhidas. O grande número de palavras-chave relacionadas ao setor de economia, engenharia de produção e administração, configura a oportunidade de estudos nesta área.

Tabela 5 - Incidência das palavras-chave.

Palavras-chave	Número de artigos
Industry 4.0	82
Logistic	73
Supply Chain	68
Management	43
Internet of things	42

Fonte: Autor (2017)

### 3.4.2 Autores e variáveis de pesquisa

A partir do portfólio bibliográfico construído, foi possível elaborar uma tabela com as linhas de estudo necessárias para a realização da pesquisa em relação às linhas de pesquisa de cada autor presente no portfólio, com o objetivo de facilitar a busca de material para futuras pesquisas (Quadro 2).

Quadro 2 - Variáveis de pesquisa relacionada aos autores.

	Linhas de estudo		
	Indústria 4.0	Logística Empresarial	Supply Chain
Autores	Bharadwaj <i>et al.</i> (2013); Davies; Coole; Smith (2017); Hofmann e Rüsch (2016); Qin; Liu; Grosvenor (2016); Uhlemann; Lehman; Steinhiper (2016); Wu <i>et al.</i> (2013); Krishnaiyer; Chen (2017);	Frasson et al. (2015); Gnomi, Tornese; Ante (2017); Hompel (2016); Schwerdfeger, Boysen e Brikskorn (2016); Wagner; Silveira-Carmargos (2011); Tonelli et al. (2016); Uhlemann; Lehman; Steinhiper (2016);	Davies; Coole; Smith (2017); Frasson et al. (2015); Gnomi, Tornese; Ante (2017); Hompel (2016); Krishnaiyer; Chen (2017); Qin; Liu; Grosvenor (2016); Schwerdfeger, Boysen e Brikskorn (2016); Tonelli et al. (2016); Wagner; Silveira-Carmargos (2011);

Fonte: Autor (2017).

O resultado destas análises será a contribuição tanto teórica, quando empírica do material selecionado, assim como possíveis lacunas de pesquisa que justificam a execução deste trabalho.

### 3.5 MATERIAIS COMPLEMENTARES

Com a finalidade de complementar o portfólio bibliográfico construído através da metodologia descrita, optou-se por utilizar também a fundamentação teórica descrita em livros relacionados com a temática da pesquisa, e também por publicações de instituições do segmento, como a Confederação Nacional da Indústria (CNI).

Decidiu-se também por fazer o uso de material publicado em revistas nacionais de carácter científico e acadêmico, e em sites relacionados ao tema, com objetivo de captar material atualizado e de compreender as publicações nacionais relacionadas ao tema.



#### 4. ANÁLISE DOS IMPACTOS DA INDÚSTRIA 4.0 NA LOGÍSTICA

A Indústria 4.0 assume a formação de uma rede global, onde estão inclusos os produtos e armazéns, na forma de um espaço ciber-físico, que se comunica, gerencia e se controla de maneira independente. Esta capacidade se deve ao avanço tecnológico dos últimos anos, que possibilitou a criação de uma grande rede para troca de dados, capaz de fornecer todas as informações necessárias, para que quarta revolução industrial tivesse início (SILVEIRA, 2016).

Esta grande quantidade de dados, chamada Big Data, gera a possibilidade da mudança de design de produtos, maneiras de atrair os clientes, formas de produção e formas de distribuição. As mudanças a partir deste novo cenário irão alterar o modo produção, o fluxo de informações, demonstrações financeiras e principalmente a logística, que se mantém em todas as etapas da indústria, porém deixando de ser apenas um apoiador operatório para o funcionamento e otimização da fábrica e se tornando também uma ferramenta estratégica (SANTOS, 2017).

##### 4.1 LOGÍSTICA 4.0

O setor industrial é a base que sustenta a economia global, sendo o principal responsável pelo crescimento econômico ao gerar empregos e pelo crescimento contabilístico devido a sua grande capacidade de produção, possibilitando uma maior quantidade de vendas e exportações de produtos de maior valor agregado (BHARADWAJ *et al.*, 2013).

O novo modelo de produção sugerido pela Indústria 4.0 demanda de um suporte logístico muito mais robusto e eficaz para atender as suas necessidades, neste contexto o termo e conceito Logística 4.0 está sendo introduzido no mercado como uma forma de relacionar a Indústria 4.0 com a logística, evidenciando ainda mais o impacto que os processos logísticos terão com este novo modelo de produção (WU *et al.*, 2013).

Dos conceitos propostos pela Indústria 4.0, a Internet das Coisas (IoT) é um dos que mais causará impacto na logística, pela sua capacidade de troca de informações. Freitas, Fraga e Souza (2016) citam o exemplo de inserção de um chip de RFID em um pallet, dessa forma os dados embutidos no chip são transferidos para um dispositivo integrado ao veículo que

repassa estas informações para a nuvem, assim compartilhando a posição do pallet em coordenadas no GPS e dados relacionados ao tempo, congestionamento, velocidade do veículo, etc. A combinação destes dados possibilita que decisões sejam tomadas para que o processo seja realizado da melhor maneira possível, porém em tempo real, tornando com que o processo da cadeia de suprimentos opere de modo proativo, oferecendo informações antes que a atividade ocorra, gerando as seguintes oportunidades:

- Redução da perda de ativos: identificar os problemas encontrados nos produtos a tempo de encontrar uma solução;
- Economia de custos de combustível: otimização de rotas, através do monitoramento das condições climáticas e de tráfego;
- Garantia da estabilidade do produto: monitoramento de produtos que necessitam de condições especiais de armazenagem e de transporte (transporte de alimentos congelados);
- Gerenciamento do estoque de armazéns: monitorar inventários em situações de peças fora de estoque;
- Identificação da visão do usuário: informações relacionadas à preferência e comportamento do cliente em relação ao produto;
- Eficiência de rotas: redução das redundâncias.

O conhecimento do comportamento da rede de suprimentos e da demanda que a IoT oferece não beneficia somente as organizações, distribuidores e varejistas, mas também aos consumidores, visto que desta maneira, o alto nível de inteligência dentro da rede logística faz com que suas demandas sejam melhores atendidas (HOMPEL, 2016). A figura 9 representa a integração da Internet das Coisas dentro da logística e a sua flexibilidade, vista como uns dos benefícios deste conceito.

Figura 9 - Áreas de implementação da Indústria 4.0.



Fonte: Adaptado de Ankilar (2014).

O aumento da velocidade na combinação da cadeia de abastecimento é um resultado da crescente demanda por produtos no início do século 21, devendo-se tornar ainda mais rápida e de curto ciclo futuramente. Bharadwaj et al. (2013) ressalta ainda que a vantagem competitiva das redes de fornecimento e de empresas envolvidas neste segmento será determinada pela capacidade de flexibilização e de seu planejamento contínuo de acordo com as reações dos meios de produção e de consumo. Dessa maneira a integração de sistemas ciber-físicos deve impactar radicalmente os processos logísticos e seus padrões de operação.

De maneira geral o fluxo de mercadorias acontece pela necessidade de movimentação de objetos físicos, como matérias para outros produtos, ou sistemas de informação baseados em papel, como o cartão Kanban, que tem a finalidade de obter um meio mais rápido de processamento de dados e materiais. Embora estas melhorias tenham algum valor, Hompel (2016) afirma que apenas estas abordagens não serão suficientes para atender as redes de negócios flexíveis nos próximos anos.

O desenvolvimento da conectividade é essencial para o modelo proposto pela indústria 4.0, no entanto este é apenas o ponto inicial para o desenvolvimento dos processos logísticos que serão caracterizados como autônomos. Segundo Wu et al. (2013) as atuais linhas de pesquisa e de desenvolvimento de novas tecnologias no ramo da logística, se

direcionam para a busca de sistemas cada vez mais avançados, inteligentes e robotizados. As novas maneiras de abordar os processos logísticos irão exigir maiores esforços científicos para que seja possível orientar e capacitar os profissionais da área neste processo de transformação da logística através da Indústria 4.0 (HOMPEL, 2016).

Hofmann e Rüsch (2016) argumentam sobre a inserção de novos valores dentro da cadeia de valor do produto devido às novas capacidades da logística 4.0 em relação aos dados digitais:

- Valor da disponibilidade: relaciona a capacidade em fazer os produtos e serviços estar à disposição do cliente através de uma entrega autônoma. A criação de valor através da disponibilidade de bens ou serviços é o principal valor agregado das atividades de serviço e logística;
- Valor da integração digital: este valor surge através da capacidade do recebimento de informações e da rastreabilidade ao longo da cadeia de suprimentos. E também dos sistemas de processamento de pedidos estarem interligados, facilitando as transações comerciais e as tornando mais seguras (autoatendimento, utilização de objetos remotos e monitoramento);
- Valor digital de servitização: o consumo normalmente excede o ponto de venda, mas isso não significa que a cadeia de suprimentos termine neste ponto. Várias opções de TI vão além da distribuição de serviços ou produtos físicos. Os serviços digitais criam valor fora do caso do seu uso original, como por exemplo, a intuitividade e a facilidade em comprar um produto utilizando um aparelho conectado à rede.

As ferramentas de logísticas de análise são comuns e possuem conceitos bem estabelecidos, e se assume que estes conceitos também passarão por uma transformação digital, porém não se deve considerar que todas as ideias e conceitos derivados da Indústria 4.0 irão afetar os elementos logísticos de maneira igual em todos os segmentos. Cada cenário deve ser considerado como único, levando em consideração sua produção, localização, mercado, entre outros, implementando os novos conceitos através do ambiente de cada organização (HOFMANN; RÜSCH, 2016).

#### 4.1.1 JIT e JIS na Logística 4.0

O Just-in-Time (JIT) é um conceito proeminente e amplamente aceito em produção e logística, principalmente na indústria automotiva. O JIT possui uma abordagem simples e é estritamente orientada, o que significa que a produção só ocorra em caso de uma demanda real, onde o principal foco do JIT é a relação entre fornecedor e comprador e seu principal objetivo é obter um sistema de fornecimento com estoque zero ou muito baixo (FRASSON *et al.*, 2015).

Schwerdfeger, Boysen e Brikskorn (2017) discorrem que o JIT tem como finalidade aumentar de maneira geral a flexibilidade e a agilidade da cadeia de suprimentos, no entanto a implementação de sistemas JIT possui algumas dificuldades para ser atingida:

- O planejamento da produção precisa ser alinhado com precisão de acordo com a demanda;
- Um alto nível de integração em relação ao material e a informação dos fluxos precisam ser estabelecidos aliados a um ERP<sup>5</sup> robusto, já que nenhum ou muito pouco material é mantido no inventário, além de uma estreita coordenação entre fornecedor e comprador;
- O conceito JIT hoje é mais adequado em casos de produtos de alto valor agregado e que são consumidos de maneira constante e previsível.

O JIT necessita que o material recebido para a produção seja fornecido no momento certo, quantidade certa e lugar certo, com isso, o conceito Just-in-Sequence (JIS) vai um passo adiante garantindo também que o material chegue na sequência correta, podendo ser considerado até um aprimoramento do JIT, porém de acordo com a teoria, a realização destes conceitos está muito distante da prática (WAGNER; SILVEIRA-CARMAGOS, 2011).

Aponta ainda Wagner e Silveira-Carmagos (2011) que o sistema JIS deve possuir um sistema de informação que integre todos os envolvidos na cadeia de produção, com o objetivo de fornecer informações relativas a demanda, para que o fornecedor consiga executar sua produção diariamente, permitindo assim, programar a produção semanal.

---

<sup>5</sup> ERP (Enterprise Resource Planning) ou SIGE (Sistemas Integrados de Gestão Empresarial) são sistemas de informação que integram todos os dados e processos de uma organização em um único sistema.

Os sistemas JIT e JIS passam geralmente pelas seguintes etapas de processos e atividades:

- Planejamento da produção;
- Ordem de produção;
- Disposição e produção;
- Entrega.

O quadro 3 mostra de acordo com Hofmann e Rüsch (2016) como os sistemas JIT e JIS podem ser afetados pela Indústria 4.0, evidenciando a necessidade particular no planejamento preciso, informações claras e processos de transporte bem coordenados.

Quadro 3 - JIT e JIS na Logística 4.0.

JIT/JIS	Cenário da Indústria 4.0	Características e componentes da Indústria 4.0
<b>1. Planejamento da produção</b> Planejamento preciso da produção baseado em previsões de demanda futura.	Com a capacidade de rastreabilidade dos materiais através das tecnologias da Indústria 4.0, o planejamento da produção pode ser cada vez mais preciso, uma vez que o fluxo de materiais pode ser rastreado em tempo real, permitindo a dedução precisa dos padrões de demanda. O planejamento da produção determinista pode se tornar obsoleta quando todos os players relevantes a esta cadeia de suprimentos puderem ser notificados da venda de um produto, podendo assim ajustar sua produção em tempo real, evitando e mitigando os efeitos chicote.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas integrados de informação móvel;</li> <li>• Fluxos integrados de materiais e informação;</li> <li>• Reflexo digital das atividades da cadeia de suprimentos.</li> </ul>

JIT/JIS	Cenário da Indústria 4.0	Características e componentes da Indústria 4.0
<p><b>2. Ordem de produção</b> Com base no planejamento de produção, onde o comprador envia uma ordem ao fornecedor, solicitando a quantidade exata de material necessário.</p>	<p>A Indústria 4.0 promete fluxos de informação e de materiais altamente integrados, resultando em sistemas JIT/JIS mais eficientes, onde a informação do consumo de produtos em tempo real desencadeia automaticamente pedidos de fornecimento, dessa forma as ordens de produção ficam alinhadas com o consumo real. A troca de informações em toda a cadeia de suprimentos poderia ser realizada através de um sistema ERP em nuvem ou um sistema ledger<sup>6</sup> distribuído, que integra toda a cadeia de suprimentos e seus atores, assim quando surgir um ponto particular em algum ponto da cadeia de suprimentos, todos os fornecedores podem obter uma ordem imediata de produção dos itens corretos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reflexo digital das atividades e processos da cadeia de suprimentos;</li> <li>• Fluxos integrados de materiais e informação;</li> <li>• Integração da cadeia de suprimentos através da tecnologia de armazenamento de informações em nuvem ou da tecnologia blockchain<sup>7</sup>.</li> </ul>
<p><b>3. Disposição e produção</b> O consumo de material (pelo comprador) é informado em tempo real, implicando na produção do fornecedor.</p>	<p>Os fornecedores recebem informações em tempo real do consumo do comprador, sendo assim capazes de melhorar o planejamento de produção de ambas as partes. Como resultado os fornecedores ganham flexibilidade (vantagem de tempo) e o tempo de ciclo do JIT e JIS podem ser reduzidos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descentralização da tomada de decisão e da auto-regulação;</li> <li>• Sistemas ciber-físicos (CPS);</li> <li>• Plantas e instalações de produção conectadas.</li> </ul>

<sup>6</sup> Utilizado para calcular os custos reais dos produtos para cada material no final do período.

<sup>7</sup> Tecnologia que permite através de técnicas criptográficas, aumentar a velocidade de transações complexas.

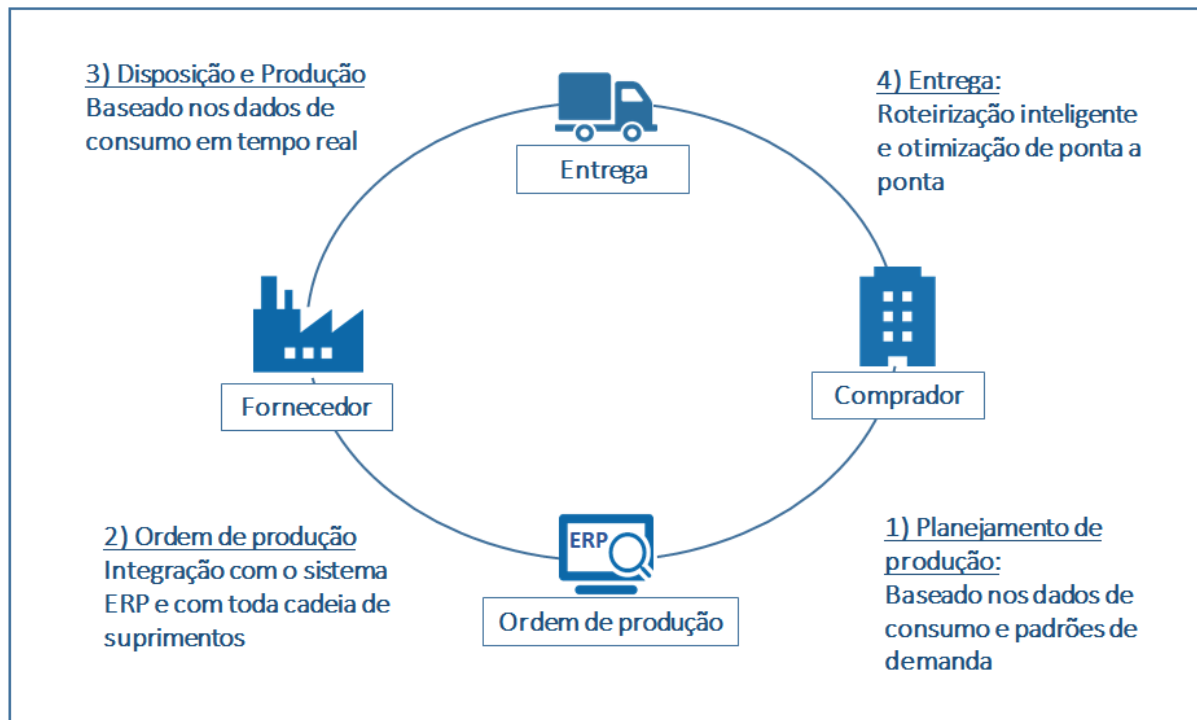
JIT/JIS	Cenário da Indústria 4.0	Características e componentes da Indústria 4.0
<p><b>4. Entrega</b> O fornecedor compromete-se a entregar o material correto no lugar certo, e no caso do sistema JIS, na sequência correta, no que diz respeito ao processamento posterior do material.</p>	<p>Os sistemas de roteirização inteligentes tem um grande potencial em relação ao sistema JIT. A capacidade de obter informações em tempo real sobre a localização da carga, condições atmosféricas (pressão do ar, temperatura, clima), condições de tráfego podem aconselhar o transportador para uma possível alteração de rota. No caso de cadeias de suprimentos totalmente integradas a otimização pode ocorrer em toda sua extensão, com a utilização de ferramentas de simulação para calcular a melhor rota possível atendendo os requisitos de cada pedido, dessa forma os processos de transporte podem ser planejados de forma integrada do início ao fim e não mais planejados individualmente. A longo prazo, o processo de coleta e entrega poderá ser realizada por meios autônomos e autogeridos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Condição de monitoramento e simulação dos processos integrados da cadeia de suprimentos</li> <li>• Sistemas integrados de informação móvel</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Hofmann e Rüsch (2016).

O aumento no uso de tecnologias de informação que o novo modelo de produção propõe, tem potencial para tornar o JIT e o JIS cada vez mais eficazes e próximos do que é proposto na teoria (Figura 10). A coordenação entre os atores da cadeia de suprimentos, aliado a tecnologia de registro em nuvem pode permitir a criação de um sistema ERP virtual para toda a cadeia de suprimentos, para que todos os envolvidos possam compartilhar e agir sobre a mesma informação (GNOMI, TORNESE; ANTE, 2017).



Figura 10 - JIT e JIS de acordo com o cenário da Logística 4.0.



Fonte: Adaptado de Hofmann e Rüsch (2016).

A capacidade do recebimento e envio de informações em toda a cadeia de suprimentos possui um grande potencial para quantificar e facilitar o planejamento de produção em tempo real. Com relação aos atores envolvidos na cadeia de suprimentos, a capacidade do registro de informação em nuvem permite a criação de um sistema ERP virtual para toda a cadeia, assim mitigando ou até evitando o efeito chicote<sup>8</sup> nas etapas 2 e 3 (Figura 10). Além disso, o processo de transporte é crucial para o funcionamento dos sistemas JIT e JIS, garantindo a entrega no momento correto, permitindo a coordenação de toda a cadeia de suprimentos. O modelo de produção proposto pela Indústria 4.0 oferece uma oportunidade para melhorar os sistemas JIT e JIS, permitindo que se consiga realizar o que é pretendido na teoria (HOFMANN; RÜSCH, 2016).

<sup>8</sup> Tendência dinâmica de aumento na demanda pelo consumo de um material ou produto com baixa disponibilidade, fazendo com que os produtores comprem mais do que precisam num futuro próximo.

#### 4.1.2 Sistema Kanban na Logística 4.0

Krishnaiyer e Chen (2017) afirmam que conceito Kanban se originou no Japão e pode ser considerando um sistema de programação na fabricação. Sua principal característica é uma rígida orientação do processo de produção. Os mesmos autores descrevem ainda o Kanban como um sistema de fornecimento de peças e materiais no momento em que estes são necessários nos processos de produção da fábrica, para que estas peças ou materiais sejam colocados instantaneamente em uso.

Para sinalizar a necessidade de algum insumo, utiliza-se o chamado quadro Kanban, demonstrando a quantidade e tipo de material necessário. A ideia deste conceito é que o número de recipientes determina o nível máximo de estoque dentro de um loop entre um fornecimento e uma estação de produção. O setor de fornecimento apenas inicia a produção após uma sinalização de uma demanda real da estação receptora, permitindo uma redução no nível de inventário e de custos, e também uma redução nos efeitos chicote, geralmente encontrados em cadeias de suprimento e de gerenciamento logístico (SILVA et al., 2016).

Os sistemas Kanban são mais adequados em organizações onde a variação da demanda é pequena, tanto dentro do próprio sistema de produção, quanto em relação ao cliente final. A capacidade da força de trabalho deve ser coordenada em relação às necessidades reais de produção e tempos flexíveis podem ser necessários. Incertezas e erros devem ser evitados ou mitigados, devido ao fato do baixo ou nenhum estoque (KRISHNAIYER; CHEN, 2017).

Os sistemas Kanban nas empresas incluem de maneira geral as seguintes etapas e processos:

- Avaliação da demanda;
- Sinal Kanban;
- Disposição da produção;
- Cobrança e entrega;
- Entrada de mercadorias.

A partir destes processos e etapas, Hofmann e Rüsch (2016) propuseram as seguintes oportunidades e consequências (Quadro 4) para o Kanban com a introdução do modelo de produção da Indústria 4.0:

Quadro 4 - Kanban na Logística 4.0.

Kanban	Cenário da Indústria 4.0	Características e componentes da Indústria 4.0
<p><b>1. Avaliação da demanda</b> A demanda é avaliada em uma determinada estação de trabalho com base nos componentes de entrada e peças de trabalho disponíveis</p>	<p>A utilização de tecnologias de auto identificação (RFID) permite a aceleração no processo de avaliação da demanda. A interação humana pode se tornar inútil neste processo se os níveis de inventário forem medidos por sistemas autônomos. As caixas Kanban podem ainda ser equipadas com sistemas de sensores capazes de acompanhar o nível de capacidade e outras características, assim podendo de maneira autônoma realizar ou liberar um pedido, sendo consideradas dessa forma um sistema CPS complexo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CPS</li> <li>• Interação Homem-Máquina</li> <li>• Captura e fornecimento de dados em tempo real</li> <li>• Rastreabilidade</li> <li>• Auto identificação</li> </ul>
<p><b>2. Sinal Kanban</b> Os sinais de demanda são transmitidos fisicamente via caixas “codificadas” ou cartões Kanban, que contêm as informações específicas sobre o insumo.</p>	<p>No modelo da Indústria 4.0 a demanda será informada digitalmente. Sistemas Kanban eletrônicos já são usados há alguns anos, o que significa que os sensores são capazes de reconhecer o nível de utilização das caixas Kanban. Esta informação pode ser enviada para o sistema de planejamento, que envia uma ordem de entrega ou liberação conforme a necessidade. Dessa forma os CPS transmitem a informação diretamente para o fornecedor, que se atualiza sobre o consumo de material em tempo real. Assim os sinais Kanban deixam de serem informados de maneira cíclica ou baseados em eventos (operador percebe que a caixa está vazia).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integração vertical (desde o nível de operações locais ao nível de empresa);</li> <li>• CPS;</li> <li>• Troca de informações em tempo real</li> </ul>

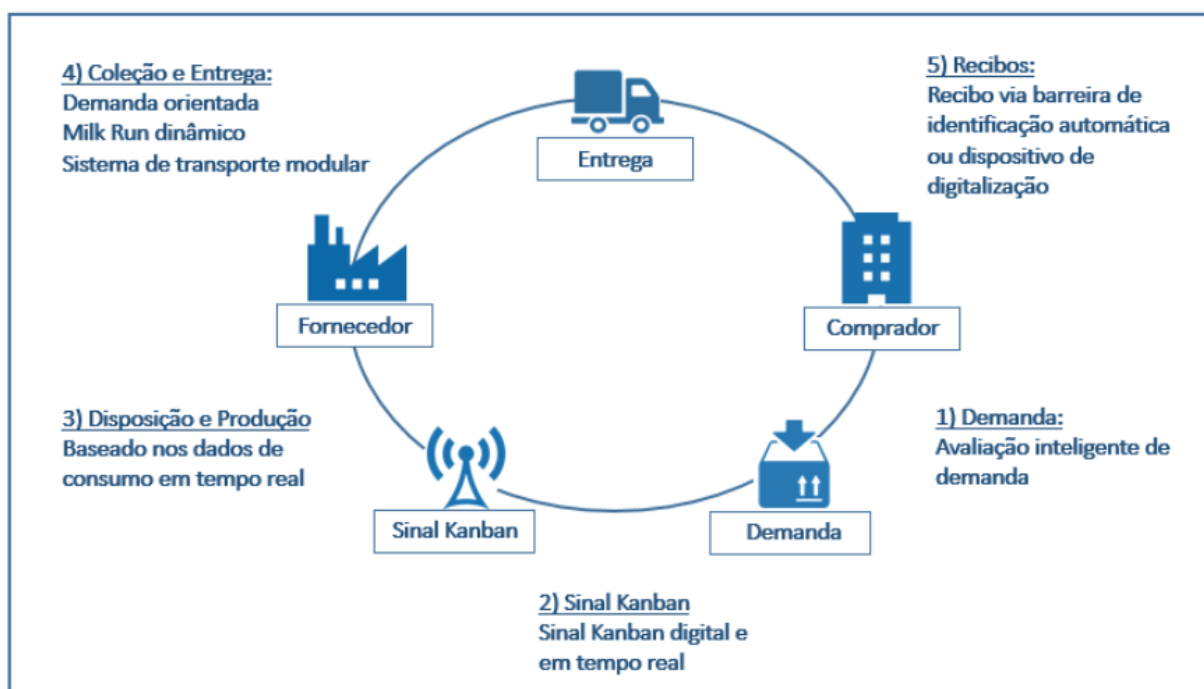
Kanban	Cenário da Indústria 4.0	Características e componentes da Indústria 4.0
<p><b>3. Disposição e produção</b> O fornecedor recebe os sinais de demanda através de caixas ou cartões Kanban, e então inicia a produção.</p>	<p>Como os dados de consumo são transmitidos em tempo real e de forma contínua, os fornecedores possuem um tempo de vantagem em relação a sua produção, assim a flexibilidade e a capacidade são aumentadas a tempo de reagir no caso de uma flutuação da demanda (o que é um problema para o Kanban convencional). Com as instalações de produção conectadas com os fornecedores, o próprio sistema (CPS) é capaz de realizar um pedido e produção sem nenhuma interação humana. A produção e o consumo estando alinhados permitem uma redução nos tempos de ciclos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descentralização da tomada de decisão e da auto-regulação;</li> <li>• CPS</li> <li>• Plantas e instalações de produção conectadas</li> </ul>
<p><b>4. Pedido e entrega</b> O pedido e entrega muitas vezes segue uma abordagem chamada milkrun, o que significa que o material é recolhido e entregue em viagens de ida e volta, que são comumente iniciados com base em um intervalo (uma vez por dia, por exemplo) e com uma rota fixa.</p>	<p>O modelo 4.0 permite um aumento na eficiência da entrega de materiais. Devido a digitalização no fluxo de materiais, os processos podem ser simulados em relação aos processos adjacentes, levando em consideração o tempo de produção, sendo especialmente útil com um mix<sup>9</sup> grande de produção, com diferentes ciclos, o que resulta na necessidade de um milkrun altamente dinâmico que não é orientado por um intervalo de tempo, e sim pela demanda. Em relação ao fluxo de materiais internos, permite-se um aumento na flexibilidade devido ao ganho de tempo, e futuramente com a utilização de sistemas de entrega e coleta totalmente autônomos e autodirigidos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulação virtual dos processos;</li> <li>• Sistemas integrados de informação móvel;</li> <li>• Reflexão digital da fábrica;</li> <li>• Processos autônomos;</li> </ul>
<p><b>5. Entrada de mercadorias</b> O comprador recebe e controla o material.</p>	<p>As tecnologias de identificação automática podem facilitar e acelerar o processo de recebimento de mercadorias. Dispositivos de varredura podem ser utilizados para identificar o material entrante que estão equipados com etiquetas de auto identificação. Em caso de algum tipo de defeito ou inconformidade (quantidade de material entregue é diferente da necessária), um empregado pode receber um alerta em algum dispositivo móvel conectado ao sistema ERP.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interação Homem-Máquina;</li> <li>• Processos autônomos;</li> <li>• Integração vertical.</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Hofmann e Rüsch (2016).

<sup>9</sup> Diversificação nos tipos de produtos fabricados ou vendidos por uma empresa.

As propostas da Indústria 4.0 para a troca de informação entre toda a cadeia de suprimentos possibilitam uma melhoria significativa no sistema Kanban (Figura 11). A diminuição do tempo entre a coleta e entrada de insumos para a produção, assim como a flexibilização no mix de produção até mesmo em casos de flutuação da demanda são oportunidades que hoje são buscadas através do sistema Kanban convencional, mas de difícil implementação devido à falta de tecnologia disponível (DAVIES; COOLE; SMITH, 2017).

Figura 11 - Kanban de acordo com o cenário da Logística 4.0.



Fonte: Adaptado de Hofmann e Rüsch (2016).

A utilização de tecnologias de auto identificação (RFID) e sistemas de sensores, implicam em uma abordagem da situação do processo produtivo em tempo real, sem nenhuma ou muito pouca participação humana, representado no Passo 1 (Figura 11). Dessa forma a sinalização da demanda de matérias é feita de maneira digital e não mais fisicamente como no Kanban convencional (Passo 2). A capacidade da informação precisa e em tempo real proporciona uma maior flexibilidade para os que fornecedores (Passo 3) se programem conforme a necessidade do comprador. Seguindo a mesma lógica, os milkruns<sup>10</sup> (Passo 4) passam a ser estritamente orientados pela demanda. Ao receber o seu pedido, as tecnologias

<sup>10</sup> Sistema de entrega em que ao mesmo tempo em que se deixa a mercadoria, se leva outra para economizar nos custos de transporte.

de auto identificação facilitam os processos de recebimentos do material. Dessa forma, as tecnologias do setor 4.0 potencializam as capacidades do sistema Kanban em todos os seus aspectos (HOFMANN; RÜSCH, 2016).

## 4.2 PADRONIZAÇÃO DA LOGÍSTICA

O necessário para tornar este conceito, é que toda a cadeia logística esteja interligada, formando uma eficiente, sustentável, resistente e adaptável rede aberta de logística global, através dos meios digitais de interconectividade propostos pela Industrial 4.0, criando um padrão mundial de empacotamento, interfaces e protocolos (UHLEMANN; LEHMAN; STEINHIPER, 2016).

Para isso se faz necessário através da Internet das Coisas, o desenvolvimento de novos módulos de carga para transporte (containers), novas interfaces da cadeia de suprimentos (nodes, hubs, armazéns, centros de distribuição), e que estejam equipados com as novas tecnologias digitais, sendo assim possível a criação uma rede logística para troca de informações. A interconectividade universal de todos os processos envolvidos nos processos logísticos deve garantir a plena cooperação entre todos os participantes da cadeia de suprimentos, com a compatibilidade de todos os recursos e soluções tecnológicas para a realização ideal de todas as operações (TONELLI et al., 2016).

O desenvolvimento e utilização das Tecnologias de Informação são essenciais para esta interconectividade ocorrer, estando presentes tanto nos módulos de carga, protocolos, procedimento e interfaces capazes de permitir que os usuários consigam receber e fornecer dados para que esta rede consiga tomar as melhores decisões em tempo real. Esta interconectividade entre os envolvidos na cadeia logística deve auxiliar também em maneiras inteligentes de utilizar a capacidade máxima dos módulos de carga, e que estes se movam de forma ideal para atender as suas demandas, realizando os melhores percursos para a entrega e transferência de carga nos hubs. Como resultado, temos a maneira de se realizar o transporte de produtos de maneira inteligente e altamente sustentável, criando um novo padrão verde de transporte de cargas (QIN; LIU; GROSVENOR, 2016).

A premissa do desenvolvimento de uma rede global de logística, totalmente integrada e interconectada, através da criação de um modelo padrão para a utilização destes recursos inteligentes, de forma que sejam capazes de operar em qualquer lugar do mundo,

sendo facilmente identificados pelos operadores e usuários, irá ser uma necessidade com as mudanças propostas pelo novo modelo de produção industrial (TONELLI et al., 2016).

Tendo como objetivo principal do trabalho analisar os impactos da Indústria 4.0 na logística, alguns destes impactos já podem começar a serem compreendidos e avaliados conforme a quarta revolução industrial vai ocorrendo e alterando os conceitos atuais do segmento. Esta proposta continua sendo um segmento de pesquisa para futuros trabalhos conforme a Indústria 4.0 for se tornando mais comum no cenário mundial.

Desta maneira, este estudo analisou os impactos que as tecnologias propostas pela Indústria 4.0 irão causar em sistemas de produção comuns como o JIT e JIS, na utilização do sistema Kanban e como a padronização é essencial para o sucesso deste modelo de produção. Por fim, acredita-se que as propostas tecnológicas deste novo modelo de produção, servem como ferramentas para conseguir os resultados esperados através da teoria que se refere a estes modelos, assim como a introdução de novos conceitos e metodologias ocorrerão de acordo com o avanço, oportunidades e necessidades que o setor 4.0 ainda vai apresentar.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da metodologia de pesquisa até a formação do portfólio bibliográfico foi possível observar um aumento significativo na quantidade de publicações nas bases de dados indexadas na plataforma da CAPES, e também um crescimento nas publicações em revista e sites nacionais relacionados ao assunto. Levando em consideração que o tema Indústria 4.0 é bastante atual, o aumento do interesse por parte do meio acadêmico demonstra a relevância em explorar este assunto.

As aplicações da Indústria 4.0 abrangem uma quantidade de componentes, sistemas, conceitos e utilidades muito grandes, impactando diversos setores da economia e da sociedade, sendo no desenvolvimento de um novo modelo de produção ou na disponibilização de novas tecnologias para o cotidiano.

Os impactos da Indústria 4.0 serão relacionados especificadamente com a logística, foi possível observar que os primeiros estudos relacionando os conceitos e aplicações das novas tecnologias já estão sendo realizados e publicados, reforçando ainda mais o novo conceito de Logística 4.0. Este novo modelo de produção vai exigir que os processos logísticos sejam cada vez mais eficientes e eficazes, através da utilização de sensores, softwares, bancos de dados e sistemas ciber-físicos implementados em toda a cadeia de suprimentos, aliados a um alto grau de automação e autogerenciamento num futuro próximo.

O sucesso para o funcionamento da Indústria 4.0 depende de diversos setores, entre eles a cadeia de suprimentos, sendo o mais importante processo logístico industrial. O novo modelo de produção proposto exige que a logística opere de maneira integrada em toda a cadeia de suprimentos, utilizando da troca de informações entre todos os atores da cadeia para que todos os processos ocorram de maneira coordenada. Para isso a utilização de um banco de dados único e acessível por todos os envolvidos na cadeia permite que a troca de informações ocorra em tempo real, possibilitando que os processos sejam mais flexíveis e eficientes, esperando-se uma redução nos custos operacionais, agilidade nos processos desde abastecimento até a entrega do produto e de um aumento na competitividade econômica.

Neste contexto, ao desenvolver o objetivo geral do trabalho, no qual foi analisar os impactos da Indústria 4.0 na logística, observou-se que embora esta revolução seja recente, e que ainda esteja ocorrendo, seus conceitos e tecnologias já começam a ser analisados em sistemas de produção amplamente difundidos e aceitos por grandes organizações, como o



Just-in-Time e o Just-in-Sequence. Observou-se que a utilização das ferramentas do setor 4.0 tem a capacidade de fazer estes sistemas funcionarem muito próximos do que a teoria descreve, e o mesmo vale para outros sistemas que dão suporte para a produção, como o sistema kanban. A utilização destas inovações tecnológicas será de suma importância para conseguir se manter competitivo no mercado.

Destacou-se também a necessidade que este novo modelo de produção tem em desenvolver uma logística a nível global totalmente padronizada. Será uma necessidade de que todos os envolvidos nas redes logísticas sejam capazes de operar qualquer tipo de sistema, módulos de carga e protocolos de qualquer lugar do mundo, resultando em uma rede logística muito mais eficiente e capaz de atender as necessidades do setor 4.0.

Vale ressaltar que as premissas da Logística 4.0 ainda são muito recentes e necessitam ainda de mais estudos sobre como as novas tecnologias irão afetar a longo prazo os processos ainda utilizados. A Indústria 4.0 já é uma realidade em organizações de alguns países e é questão de tempo para se difundir para o resto do mundo. Este processo vai ocorrer por conta da necessidade das outras organizações em conseguirem se manter competitivas no mercado.

A dificuldade encontrada para se desenvolver o trabalho, foi por conta de não se conseguir acesso a alguns artigos relevantes sobre o tema, pois estes não estavam disponíveis através da plataforma CAPES, visto que os valores dos mesmos eram considerados altos para a realidade do autor. Também houve dificuldade em encontrar uma relação dos impactos da Logística 4.0 na economia e sociedade por conta da escassez de estudos nestas áreas.

## 5.1 PESQUISAS FUTURAS

Por meio do desenvolvimento deste trabalho, foi possível sugerir algumas linhas de pesquisa para trabalhos futuros que foram observadas pelo autor como interessantes para serem exploradas, levando em consideração as linhas de estudo existentes no curso. A primeira sugestão se refere a desenvolver um estudo sobre as inovações tecnológicas do setor 4.0 aplicadas para os transportes, e como estas podem beneficiar a mobilidade urbana. A segunda oportunidade de pesquisa, surgiu de uma dúvida do autor em relação à eficiência das inovações propostas pelo novo modelo de produção, e sugere-se analisar se na prática, a utilização da troca de informações em tempo real, realmente é capaz de aumentar a

flexibilidade dos fornecedores em relação a sua produção e ao tempo. A terceira oportunidade de pesquisa surgiu da dificuldade em encontrar materiais que demonstrassem o funcionamento das tecnologias do setor 4.0, dessa forma, realizar uma comparação entre os sistemas produtivos atuais em comparação com os sistemas que utilizam as tecnologias do setor 4.0 e verificar se os ganhos operacionais ocorrem efetivamente. E como última sugestão, o autor também observou a falta de estudos de como o planejamento estratégico das organizações vai ser impactado pelas futuras mudanças, desta forma, se sugere examinar quais mudanças que a indústria 4.0 traz em relação ao planejamento estratégico das empresas.

## REFERÊNCIAS

- AMLADI, Pradeep (Ed.). **Manufacturing wants its jobs back - but can it find the workers?** 2013. Forbes. Disponível em: <<https://www.forbes.com/sites/sap/2013/11/25/manufacturing-wants-its-jobs-back-but-can-it-find-the-workers/#1e865694519e>>. Acesso em: 25 abr. 2017.
- ANKILAR, Sevkettin. **Logistics 4.0 and challenges for the supply chain planning and it.** Istanbul, Turquia: Fraunhofer Iml, 2014. 20 slides, color.
- BALLOU, Ronald. **Gerenciamento da cadeia de suprimento** 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BHARADWAJ, Anandhi et al. Digital business strategy: toward a next generation of insights. **Mis Quarterly**. Los Angeles, EUA, p. 471-482. jun. 2013.
- BLANCHET, M.. **Industry 4.0: the new industrial revolution. How Europe will succeed.** 2014. Disponível em: <[http://www.iberglobal.com/files/Roland\\_Berger\\_Industry.pdf](http://www.iberglobal.com/files/Roland_Berger_Industry.pdf)>. Acesso em: 17 jul. 2017.
- BOWERSOX, Donald; CLOSS, David. **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimentos.** São Paulo: Atlas, 2011.
- CNI, Confederação Nacional da Indústria -. **Indústria 4.0: novo desafio para a indústria brasileira.** 2016. Disponível em: <<http://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/sondesp-66-industria-4-0/>>. Acesso em: 11 ago. 2017.
- COELIS, Elenilce Lopes. **Logística Empresarial.** 2017. Disponível em: <<http://www.ietec.com.br/imprensa/logistica-empresarial/>>. Acesso em: 25 abr. 2017.
- DANTAS, Eduardo Marques de Almeida. **Estágio da organização logística de três empresas do setor de bebidas: um estudo de caso.** 2000. 145 p. TCC (Graduação) - Curso de Administração, Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <[http://www.coppead.ufrj.br/upload/publicacoes/Eduardo\\_Dantas.pdf](http://www.coppead.ufrj.br/upload/publicacoes/Eduardo_Dantas.pdf)>. Acesso em: 26 abr. 2017.
- DAVIES, Robert; COOLE, Tim; SMITH, Alistair. Review of socio-technical considerations to ensure successful implementation of Industry 4.0. **27th International Conference On Flexible Automation And Intelligent Manufacturing**., Modena, Itália, p. 1288-1295. jul. 2017.
- FARAH JUNIOR., Moisés. Os desafios da logística e os centros de distribuição física. **FAE Bussiness**. Curitiba, n. 2, 2002.

FERREIRA, Guto. **Programa Indústria 4.0 receberá mais incentivos no Brasil**. 2017. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2017/09/programa-industria-4-0-recebera-mais-incentivos-no-brasil>>. Acesso em: 12 out. 2017.

FISHER, Fernando. Essa tal Logística 4.0. **Tecnológica**, São Paulo, v. 246, n. 1, p.44-52, out. 2016. Mensal.

FLEURY, Afonso; FLEURY, Maria Tereza Leme. **Estratégias empresariais e formação de competências**. São Paulo: Atlas, 2000.

FRANCESCHINI, Paulo César. **Revolução Industrial**. 2016. Disponível em: <<http://www.tecnologica.com.br/portal/revista/edicao-anterior/246/>>. Acesso em: 15 ago. 2017.

FRASSON, Ricardo et al. Application of Just in Sequence methodology in handling and storage of a precast concrete product. **Espacios**, Caracas, Venezuela, v. 36, n. 21, p.19-27, ago. 2015.

FREITAS, Matheus Menna Barreto Cardoso de; FRAGA, Manoela Adriana de Farias; SOUZA, Gilson P. L. de. Logística 4.0: conceitos e aplicabilidade: uma pesquisa-ação em uma empresa de tecnologia para o mercado automobilístico. **Programa de Apoio à Iniciação Científica**. Curitiba, p. 1-26. out. 2016

GNOMI, Maria Grazia; TORNESE, Fabiana; ANTE, Giorgio. Analyzing the transition from just-in-time to just-in-sequence: a simulation based approach from the automotive sector. **Industrial Systems Engineering**. Bari, Itália, p. 121-129. set. 2017.

GOMES, Bruno. **Indústria 4.0**. 2016. Disponível em: <<http://www.firjan.com.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=2C908A8A555B47FF01557D8802C639A4&inline=1>>. Acesso em: 27 abr. 2017.

GONÇALVES, Murilo Porto. **Proposta de implementação da Indústria 4.0 na área da logística**. 2016. 84 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Transportes e Logística, Centro Tecnológico de Joinville, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2016. Cap. 4.

GREENOUGH, John. **34 billion devices will be connected to the internet by 2020** Disponível em: <<https://www.businessinsider.com.au/34-billion-devices-will-be-connected-to-the-internet-by-2020-2016-1>>. Acesso em: 25 abr. 2017.

HAHN, José Rizzo. A Era da Internet Industrial e a Indústria 4.0. **Produção em Foco**. Joinville, p. 1-4. dez. 2016.

HOFMANN, Erik; RÜSCH, Marco. Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. **Computers In Industry**. Gallen, Suíça, p. 23-34. abr. 2017.

HOMPEL, Michael Ten et al. **Logistics and Supply Chain Innovation: Bridging the Gap between Theory and Practice**. Essen, Alemanha: Springer, 2016. 430 p.

KRISHNAIYER, Krishnan; CHEN, F. Frank. A Cloud-based Kanban Decision Support System for Resource Scheduling & Management. **Procedia Manufacturing**. San Antonio, EUA, p. 1489-1494. set. 2017.

LACERDA, Rogério; ENSSLIN, Leonardo; ENSSLIN, Sandra. Uma análise bibliométrica da literatura sobre estratégia e avaliação de desempenho. **Gestão & Produção**, v. 19, n. 1, p. 59-78, 2012.

MACDOUGALL, W. et al. Industrie 4.0: smart manufacturing for the future. **Germany Trade & Invest**. Berlim, Alemanha, p. 1-40. jul. 2014. Disponível em: <[http://www.gtai.de/GTAI/Content/EN/Invest/\\_SharedDocs/Downloads/GTAI/Brochures/Industries/industrie4.0-smart-manufacturing-for-the-future-en.pdf](http://www.gtai.de/GTAI/Content/EN/Invest/_SharedDocs/Downloads/GTAI/Brochures/Industries/industrie4.0-smart-manufacturing-for-the-future-en.pdf)>. Acesso em: 13 jul. 2017.

MASLARIĆ, Marinko; NIKOLIČIĆ, Svetlana; MIRČETIĆ, Dejan. Logistics Response to the Industry 4.0: the Physical Internet. **Gruyter**. Novi Sad, Servia, p. 511-517. ago. 2016.

NAZÁRIO, Paulo. A importância de sistemas de informação para a competitividade logística. **Revista Tecnológica**, São Paulo, v. 5, n. 44, p.33-38, jul. 1999.

NEPOMUCENO, Carlos. **Logística empresarial: uma ferramenta importante**. 2016. Disponível em: <<http://iapeb.com.br/logistica-empresarial/>>. Acesso em: 25 abr. 2017.

NOVAES, Antônio Galvão. **Logística e Gerenciamento da cadeia de distribuição: Estratégia, Operação e Avaliação**. 3. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2001. 408 p.

QIN, Jian; LIU, Ying; GROZVENOR, Roger. A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond. **Procedia Cirp**. Cardif, Uk, p. 173-178. ago. 2016.

ROSA, Rodrigo de Alvarenga. **Gestão de operações e logística I**. Florianópolis: UFSC, 2011.

ROSSI, Márcio Cunha. Logística 4.0: Tecnologia e operações mais unidas do que nunca. **Mundo Logística**. n. 58, p. 24-30, 2017.

SANTOS, Paulo Roberto dos. **Indústria 4.0 – sistemas inteligentes para manufatura do futuro**. 2016. Disponível em: <<http://www.revistaferamental.com.br/pt/artigos/industria-40-sistemas-inteligentes-para-manufatura-do-futuro/8>>. Acesso em: 26 abr. 2017.

SCHWERDFEGER, Stefan; BOYSEN, Nils; BRISKORN, Dirk. Just-in-time logistics for far-distant suppliers: scheduling truck departures from an intermediate cross-docking terminal. **Operations Research & Decision Theory**. Jena, Alemanha, p. 1-21. ago. 2017.

SILVA, Cristovão. et al. Improving the logistics of a constant order-cycle kanban system. **Production Planning & Control: The Management of Operations**. Lancaster, Uk, p. 650-659. abr. 2016.

SILVEIRA, Cristiano Bertulucci; LOPES, Guilherme Cano. **O que é Indústria 4.0 e como ela vai Impactar o mundo**. 2016. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/industria-4-0/>>. Acesso em: 25 abr. 2017.

TABOADA, Carlos. Logística: o diferencial da empresa competitiva. 2002. **FAE Business**. Disponível em: <[http://ddl.ufsc.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=112:logistica-o-diferencial-da-empresa-competitiva&catid=8:artigos-em-revistas&Itemid=14&lang=en](http://ddl.ufsc.br/index.php?option=com_content&view=article&id=112:logistica-o-diferencial-da-empresa-competitiva&catid=8:artigos-em-revistas&Itemid=14&lang=en)>. Acesso em: 24 abr. 2017.

TEIXEIRA JÚNIOR, Isac Paulo. **Estrutura organizacional da logística nas empresas**. 2012. Disponível em: <[file:///C:/Users/Carmona/Downloads/Estrutura organizacional da logistica nas empresas \(1\).pdf](file:///C:/Users/Carmona/Downloads/Estrutura%20organizacional%20da%20logistica%20nas%20empresas%20(1).pdf)>. Acesso em: 26 abr. 2017.

TONELLI, F. et al. Novel Methodology for Manufacturing Firms Value Modeling and Mapping to Improve Operational Performance in the Industry 4.0 era. **49th Cirp Conference On Manufacturing Systems**. Genoa, Itália, p. 122-127. nov. 2016.

UHLEMANN, Thomas H. J.; LEHMANN, Christian; STEINHILPER, Rolf. The Digital Twin: Realizing the Cyber-Physical Production System for Industry 4.0. **The 24th Cirp Conference On Life Cycle Engineering**. Bayreuth, Alemanha, p. 335-340. nov. 2016.

VASCONCELOS, Alexandre Meira de. **Dimensões e componetes de análise para avaliação da qualidade em serviços turísticos no Brasil**. 2012. 80 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012. Cap. 2.

VENTURELLI, Márcio. **A segurança de dados na Indústria 4.0**. 2017. Disponível em: <<https://www.automacaoindustrial.info/seguranca-de-dados-na-industria-4-0/>>. Acesso em: 14 ago. 2017.

VIALLI, Andrea. **Admirável mundo 4.0: A nova revolução industrial – pautada pela convergência entre as tecnologias da operação e da informação – não é novidade, mas vai se intensificar no curtíssimo prazo em todas as cadeias produtivas..** 2016. Disponível em: <<http://www.mundocorporativo.deloitte.com.br/admiravel-mundo-4-0/>>. Acesso em: 14 set. 2017.

WAGNER, Stephan M.; SILVEIRA-CAMARGOS, Victor. Decision model for the application of just-in-sequence. **International Journal Of Production Research**. Zurich, Suíça, p. 713-736. jan. 2011.

WAGNER, Tobias; HERRMANN, Christoph; THIEDE, Sebastian. Industry 4.0: Impacts on lean production systems. **The 50th Cirp Conference On Manufacturing Systems**. Braunschweig, Alemanha, p. 125-131. fev. 2017.

WU, Yen-chun Jim et al. Global logistics management curriculum: perspective from practitioners in Taiwan. **Supply Chain Management: An International Journal**. Taiwan, p. 376-388. fev. 2013.